
Le CIRAD en 1991



Le CIRAD en 1991

Le CIRAD, Centre de coopération internationale en recherche agronomique pour le développement, est un organisme scientifique spécialisé en agriculture des régions tropicales et subtropicales. Sous la forme d'un établissement public, il est né en 1984 de la fusion d'instituts de recherche en sciences agronomiques, vétérinaires, forestières et agroalimentaires des régions chaudes.

Sa mission : contribuer au développement de ces régions par des recherches, des réalisations expérimentales, la formation, l'information scientifique et technique.

Il emploie 1 850 personnes, dont 920 cadres, qui interviennent dans une cinquantaine de pays.

Son budget s'élève à près de 1 milliard de francs, dont plus de la moitié provient de fonds publics.

Le CIRAD comprend dix départements de recherche : cultures vivrières (IRAT) ; fruits et agrumes (IRFA) ; oléagineux pérennes (IRHO) ; plantes stimulantes (IRCC) ; coton (IRCT) ; caoutchouc (IRCA) ; bois et forêts (CTFT) ; élevage et médecine vétérinaire (IEMVT) ; systèmes agroalimentaires et ruraux (CIRAD-SAR, union des départements systèmes agraires, DSA, et mécanisation agricole et technologie, CEEMAT) ; gestion, recherche, documentation et appui technique (GERDAT). Le CIRAD travaille dans ses propres centres de recherche, au sein de structures nationales de recherche agronomique des pays partenaires, ou en appui à des opérations de développement.

Le CIRAD en 1991



Sommaire

LA FORCE D'UN ENGAGEMENT

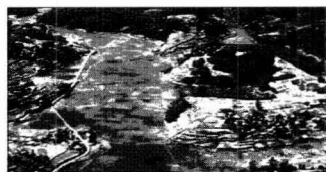
par Henri Carsalade

7



RENOUVELER NOTRE COOPÉRATION DANS UN MONDE QUI CHANGE

8



ENVIRONNEMENT ET AGRONOMIE

22



AMÉLIORATION DES PLANTES

38



PROTECTION DES CULTURES

52



PRODUCTIONS ANIMALES

62



TECHNOLOGIE

70



SYSTÈMES DE PRODUCTION ET SYSTÈMES AGRAIRES

80



ECONOMIE ET SOCIOLOGIE

88

LE CIRAD EN BREF

97

ANNEXES

113

La force d'un engagement

Riche de travaux et de résultats dont on trouvera un aperçu dans cet ouvrage, 1991 restera pour le CIRAD l'année de la réflexion et des décisions stratégiques. Grâce à un processus participatif auquel les Ciradiens ont eu à cœur d'adhérer, notre Centre s'est doté d'un projet d'entreprise. C'est pour nous un texte fondateur. Diffusé auprès de la communauté internationale, il a donné de notre institution une image renouvelée.

Accroissement de la population des pays chauds, indispensable augmentation de la production agricole, préservation du milieu naturel de la dégradation qui le menace, les problèmes qui se posent se caractérisent par leur permanence et leur acuité. Les grands enjeux d'une recherche agronomique pour le développement économique et social sont plus cruciaux que jamais. Ils réclament l'effort cohérent de tous, alors même que nos sociétés, inquiètes des événements mondiaux, détournent leur regard des pays du Sud.

Pour répondre à ces enjeux, chacun d'entre nous doit se sentir mobilisé, quelles que soient les difficultés du moment — et le CIRAD en a connu de graves en 1991 : diminution des effectifs, réductions financières, rupture de contrats anciens de coopération. Ces difficultés ont marqué notre maison. Elles ne l'ont pas déstabilisée et n'ont pas remis en cause la solidarité, désormais largement fondée sur une stratégie collectivement arrêtée. Je veux rendre hommage ici au travail des Ciradiens. Leurs accomplissements témoignent à la fois de l'indispensable engagement individuel et de la force des liens, des complémentarités qui jouent entre nous malgré notre dispersion à travers le monde.

Ces complémentarités ne se limitent pas au CIRAD. La conviction nouvelle du caractère international de notre activité est maintenant bien ancrée dans notre conception de la coopération. Conduire notre recherche avec nos collègues de France et nos partenaires du Nord et du Sud devient un principe fondamental de notre action. Les progrès accomplis avec eux en 1991 ont été décisifs. En outre, nous devons coopérer avec ceux qui sont le mieux à même, au terme du processus de recherche, d'en valoriser le produit : les professionnels de l'agriculture et les entreprises privées deviennent pour nous des interlocuteurs ou les associés privilégiés de nombreuses opérations. Toutes ces coopérations ouvrent des perspectives d'une grande richesse, que nous saurons mettre en valeur.



Henri Carsalade
Directeur général

RENOUVELER NOTRE COOPÉRATION DANS UN MONDE QUI CHANGE

L'année 1991 sera comme un jalon dans l'histoire du CIRAD. A l'issue de près de deux ans de travaux, le projet d'entreprise a été solennellement présenté au ministre de la Recherche et de la Technologie et aux représentants des ministres de la Coopération et du Développement, de l'Agriculture et de la Forêt, et des Affaires étrangères les 12 et 13 septembre 1991 à Montpellier. Hubert Curien a rappelé que le CIRAD est le plus important organisme du monde en recherche agronomique consacrée aux régions chaudes et s'est félicité de le voir adopter un projet d'entreprise à la fois réaliste et ambitieux.

■ Le projet d'entreprise : un esprit participatif

Deux principes ont guidé l'élaboration du projet d'entreprise du CIRAD : il devait naître des aspirations et de l'expérience des personnels ; il devait aussi se fonder sur une démarche prospective.

Une réflexion prospective

Dans une première phase, un groupe de travail, en collaboration avec le centre de prospective et d'évaluation du ministère de la Recherche et de la Technologie, a analysé la progression des agricultures du monde, les problèmes que leur avenir pose à la science, l'aide internationale et son évolution. Il a aussi examiné la situation interne de l'entreprise, à partir des évaluations de ses départements. C'est en s'appuyant sur le document issu de ce travail que s'est engagée la deuxième phase du processus, la consultation des personnels et des partenaires du CIRAD. L'ampleur de la participation des Ciradiens doit être soulignée : 400 personnes ont tenu à contribuer à la réflexion, soit à titre individuel, soit au sein d'un groupe. L'esprit participatif est donc bien l'une des caractéristiques qui ont marqué l'élaboration du projet d'entreprise. Un second groupe de travail a fait la synthèse des contributions ; ses conclusions ont été soumises aux diverses instances statutaires du CIRAD. Le document final a été présenté le 18 juin au conseil d'administration, qui l'a adopté.

Le projet d'entreprise — référence collective — devient alors le point de départ d'un nécessaire ajustement de l'organisme à un monde qui change rapidement. Il guide désormais le CIRAD dans ses choix



scientifiques et stratégiques, ses relations avec ses différents partenaires. Il justifie et éclaire les mutations internes devenues indispensables en raison même de l'évolution de l'environnement.

Les journées de septembre, auxquelles ont participé 300 membres du personnel, ont marqué une nouvelle étape : après la présentation du projet aux ministères de tutelle, six ateliers de travail se sont attachés à traduire concrètement les orientations du projet sur les grands programmes par zones géoéconomiques, la stratégie scientifique, les conditions d'exercice de la recherche outre-mer, les projets de carrière et l'évaluation, les produits de la recherche et la stratégie commerciale, les besoins et les outils de la communication. Leurs recommandations servent de moteur à une rénovation de trois secteurs clés du progrès de l'entreprise : la modernisation scientifique, le renouvellement de la coopération et l'adaptation des structures.

La modernisation scientifique

La stratégie de recherche est orientée vers le développement économique et social. Les grands choix se confirment, il n'y a pas d'éléments en rupture avec les options de ces dernières années. Cette stratégie est établie en partant de l'analyse des besoins identifiés et des demandes exprimées par les utilisateurs. Elle prend en compte les compétences du CIRAD et celles de ses partenaires scientifiques. Le Centre fait l'analyse et la synthèse des problèmes de développement, les reformule en termes scientifiques, pour son propre usage et à l'intention des autres établissements de recherche et des universités qui, s'ils n'ont pas de mandat explicite en ce qui concerne les problèmes scientifiques des régions chaudes, peuvent être mobilisés autour de ceux-ci. En particulier, de nombreux sujets de thèse de doctorat sont identifiés par les unités de recherche des départements du CIRAD. Chaque année, une vingtaine de sujets nouveaux sont ouverts ; ils sont conduits en collaboration avec les formations doctorales, et avec l'appui du ministère de la Recherche et de la Technologie.

Le CIRAD a vocation à réaliser des recherches finalisées. Cela implique de remonter autant qu'il est nécessaire et possible vers des recherches fondamentales et de disposer d'un outil permettant de les effectuer. Mais cela implique aussi de réaliser des recherches



appliquées et de faire du développement technologique jusqu'à participer à des opérations de développement économique et social.

Pour remplir ces missions, le CIRAD a choisi une organisation matricielle. Sur un axe « programmes » sont définis des projets de recherche pour le développement. Les objectifs de ces programmes résultent d'une analyse stratégique à laquelle procède chaque département au moment de l'élaboration de son plan pluriannuel. Les projets sont identifiés par leurs objectifs spécifiques, les produits attendus, la durée et les moyens. Leur mise en œuvre procède d'une analyse opérationnelle et implique des coopérations définies avec les partenaires du Sud. Cet axe « programmes » est croisé avec un axe « scientifique », structuré en unités de recherche (par grands domaines disciplinaires). Toute intervention est ainsi abordée simultanément par sa finalité et par sa composante scientifique. Autrement dit, l'objet du fonctionnement matriciel est de faire cohabiter, dans un même projet, les aspects scientifiques et les aspects liés au développement. Une évaluation des projets sera effectuée. Cette organisation se met progressivement en place, sous l'égide du conseil scientifique du CIRAD.

Les unités de recherche des départements sont fédérées au sein de missions par champ disciplinaire placées sous la responsabilité de chargés de mission. Ces derniers ont un rôle fonctionnel d'animation scientifique, de conseil auprès de la direction générale du CIRAD, mais aussi de relations extérieures. Des alliances avec les centrales scientifiques françaises, étrangères et internationales sont déjà bien établies. Dans chaque champ disciplinaire, les chargés de mission ont pour tâche de les organiser et de les consolider sous forme de réseaux de correspondants. Une participation réciproque aux organes de réflexion scientifique se développe, et les comités scientifiques des missions du CIRAD impliquent directement des personnalités de l'INRA, de l'ORSTOM et des universités françaises. Ainsi tous les animateurs scientifiques du CIRAD ont-ils accès aux informations sur l'état de la science, la compétence des équipes et les possibilités de coopération. Ces relations aboutissent de plus en plus à des actions communes associant les chercheurs de plusieurs organismes français ou étrangers : les 30 actions thématiques programmées financées en 1991 en portent témoignage.



La réussite scientifique du CIRAD dépend de la gestion de ses ressources humaines, lesquelles doivent en permanence s'adapter pour répondre à l'évolution des connaissances et de la demande de recherche. Le recrutement des chercheurs se fera selon les orientations scientifiques que l'on entend privilégier, donc avec des priorités différenciées selon les disciplines. A l'intérieur d'une discipline, la recherche d'un équilibre conduira à recruter des hommes de terrain et des spécialistes de laboratoire. Dans certains domaines comme la technologie et la socioéconomie, les effectifs seront renforcés en fonction des ressources. Mais les efforts les plus importants sont à faire à l'échelle de chaque personne : le projet de carrière, le plan de formation et l'évaluation individuelle sont les moyens de l'adéquation du capital humain au projet scientifique. Le système d'évaluation des agents qui se met en place entend souscrire à trois critères : homogénéité, équité et dynamisme. Pour donner suite à l'une des lignes de force du projet d'entreprise, l'année 1992 sera celle du lancement d'une véritable politique des ressources humaines au CIRAD. A partir de 1993, un effort spécial en faveur de la formation scientifique permanente, en particulier au niveau doctoral, devrait la caractériser.

Le renouvellement de notre coopération

Les conditions de travail des chercheurs expatriés ont été au cœur de nombreux échanges, tant au cours de l'élaboration du projet d'entreprise que dans les ateliers des journées de septembre. Pour donner leur pleine mesure, les chercheurs doivent disposer de moyens de travail et de conditions de vie convenables. Un environnement favorable se caractérise par une certaine stabilité, garantissant la continuité des travaux, une bonne gestion et une taille suffisante de l'équipe. Ces éléments deviennent des critères déterminants pour le choix de l'affectation des chercheurs outre-mer.

Il s'ensuit que le CIRAD privilégie deux types de coopération. La coopération bilatérale doit s'inscrire dans le contexte d'accords cadres négociés avec les Etats et relayés par des accords plus précis avec les institutions partenaires, permettant de définir des contrats de programme pour les chercheurs. La coopération régionale, par ailleurs, cherche à optimiser l'efficacité des travaux par des échanges scientifiques élargis et à dépasser les difficultés de gestion éprouvées par de nombreuses institutions nationales.



Ce renouvellement des modes de coopération du CIRAD induit une certaine concentration de ses moyens de recherche à l'étranger : renforcement des implantations en Amérique latine et en Asie ; réaménagement du dispositif en Afrique (particulièrement en Côte-d'Ivoire). C'est ce qui apparaîtra à l'examen des événements qui ont marqué la vie de l'institution en 1991.

Le CIRAD commence à développer des relations avec d'autres acteurs du développement et de la recherche extérieurs au champ traditionnel de coopération, en particulier avec les organisations professionnelles agricoles et les organisations non gouvernementales. Le projet d'entreprise l'y encourage.

L'adaptation des structures

De sa réflexion sur son identité, ses missions, sa stratégie scientifique et son action dans un monde mouvant, le CIRAD tire des conséquences en terme d'organisation interne. En décembre 1991, le conseil d'administration a approuvé un processus de rénovation s'appuyant sur les évaluations externes des départements. Déjà esquissé dans le projet d'entreprise, ce processus s'est immédiatement engagé. Il part d'un double constat. D'une part, les 11 départements actuels sont presque tous trop petits pour assurer simultanément l'élargissement et l'approfondissement de leur champ d'investigation scientifique ainsi que leur déploiement géographique. D'autre part, ni la coordination, ni l'animation des missions disciplinaires n'ont pu empêcher qu'un cloisonnement excessif persiste entre eux. La décision a donc été prise de les regrouper. La création d'ensembles plus grands favorisera la mise en place d'unités de recherche solides, accroîtra la cohésion du Centre et resserrera sa direction. Elle facilitera en outre l'adoption de procédures de gestion communes.

Pour garantir la continuité du fonctionnement de l'institution, ce processus se déroulera par étapes.

Le département des systèmes agroalimentaires et ruraux (CIRAD-SAR), créé le 1^{er} janvier 1992, réunit le DSA et le CEEMAT. Il conduit les activités sur le fonctionnement et la dynamique des unités de production et des sociétés rurales et est responsable du laboratoire de technologie alimentaire « génie des procédés et science des aliments », commun aux départements du CIRAD.



Le 1^{er} juillet 1992 naîtra le département des cultures annuelles. Il regroupera l'IRAT, l'IRCT et la division des oléagineux annuels de l'IRHO. Son mandat portera sur les cultures annuelles, considérées en tant que systèmes de culture et filières.

Le département des cultures pérennes, qui rassemblera l'IRCA, l'IRCC et les divisions palmier à huile et cocotier de l'IRHO, se mettra en place début 1993.

Le département d'élevage et de médecine vétérinaire (IEMVT) et celui des forêts (CTFT), qui avaient été réorganisés en 1988 et 1989 à la suite de leur évaluation externe, ne justifient pas aujourd'hui de mesures de restructuration. La responsabilité de la pêche et de la pisciculture, jusque-là assumée par le CTFT, est transférée à l'IEMVT.

Le département des fruits (IRFA) est soumis, dès le début de 1992, à une évaluation externe. Le GERDAT, qui groupe des unités de recherche et de service d'intérêt général, fait l'objet d'une réflexion spécifique. Leur réforme s'engagera à l'issue de ces procédures.

Un effort de communication

La taille du CIRAD, sa structure complexe, le nombre de ses agents amenés à communiquer, tant dans les domaines scientifiques qu'institutionnels, rendaient nécessaire la définition d'une politique globale de communication interne et externe. Le projet d'entreprise en a fixé les grandes lignes. Un groupe de travail, qui a rendu ses conclusions dès novembre 1991, a défini une stratégie et un programme d'action pour les trois prochaines années.

La communication interne est un enjeu crucial pour le CIRAD. La cohésion au sein de l'établissement, le sentiment d'appartenir à une entreprise unique, à l'identité bien définie et comprise par tous, sont d'autant plus indispensables que la dispersion géographique est grande et les équipes nombreuses. Ce sont des facteurs de dynamisme et de qualité. Un examen attentif des diverses situations vis-à-vis de l'accès à l'information a montré qu'un effort particulier devait être dirigé vers les personnels non-cadres et les personnels en poste à l'étranger, qui souffrent souvent d'un sentiment d'isolement. Les possibilités des télécommunications modernes devront être exploitées pour améliorer la communication, notamment avec les agents isolés.



Le CIRAD a également besoin de développer sa communication externe. Les publics non scientifiques, en particulier l'opinion publique française et européenne et les décideurs, seront les cibles privilégiées de la communication externe des prochaines années : la compréhension de nos efforts par nos concitoyens assiera mieux notre légitimité ; la mise en valeur de nos résultats intéressera davantage nos partenaires et nos clients. Le progrès de notre insertion nationale et internationale est à ce prix.

■ L'enrichissement de la coopération internationale

L'évolution de nos actions dans le cadre du partenariat, déjà perceptible dans une certaine diversification, s'est intensifiée en 1991, malgré un contexte mondial toujours plus instable. En témoigne la multiplication des échanges et visites entre le CIRAD et ses partenaires.

L'internationalisation de la recherche se concrétise, l'association intereuropéenne prend corps, le débat d'idées s'enrichit.

Un monde incertain

Le monde dans lequel nous travaillons, avec toute une organisation en réseaux, a été secoué de violences et de soubresauts. Pendant trois mois, la guerre du Golfe a bloqué tous les mouvements vers l'Afrique musulmane, le Proche-Orient et l'Asie. La remise en cause, parfois violente, des régimes au pouvoir dans certains pays d'Afrique s'est concrétisée pour les chercheurs du CIRAD en poste dans ces pays par des évacuations ou l'arrêt de leurs activités. Cela a été le cas en Ethiopie, au Zaïre et au Tchad. L'agitation sociale a créé un climat d'insécurité au Mali, au Togo, au Cameroun, au Congo, à Madagascar, et le travail des chercheurs en a été perturbé.

Toutes ces circonstances ont des conséquences désastreuses pour la recherche. Aux retards, souvent très dommageables pour l'évolution des programmes, et à la démotivation des agents s'ajoute, pour les partenaires nationaux, l'incapacité d'agir, qui paralyse



encore plus les situations. Une bonne recherche n'est pas possible dans ces conditions. Le CIRAD doit pouvoir travailler dans des implantations stables et de qualité. Il s'y efforce en signant de nouveaux accords.

De nouveaux accords

Le 25 février 1991, le ministère français de la Coopération et du Développement et le ministère tchadien du Plan et de la Coopération technique ont conclu un accord pour un programme de recherche vétérinaire et zootechnique pour le Sahel. Ce programme à vocation régionale sera conduit par l'IEMVT.

Des accords cadres de coopération scientifique ont été signés par le CIRAD et le CNRADA de Mauritanie, l'INRAN du Niger et la FHIA du Honduras.

Trois nouveaux accords cadres témoignent de la vitalité de l'insertion du CIRAD dans le système international de recherche. Ils ont été établis avec AGRHYMET, l'IITA et l'IBPGR. Les deux derniers engagent également l'INRA et l'ORSTOM.

Enfin, l'université de Cornell (Etats-Unis) et le CIRAD ont signé le 2 octobre une convention de coopération pour la recherche sur la gestion des sols tropicaux.

Les concertations annuelles d'évaluation et de programmation se poursuivent régulièrement avec certains partenaires, comme le prévoient les accords cadres qui nous lient à eux. Ainsi, des réunions ont eu lieu en février à Dakar avec l'ISRA, en septembre à Paris avec le MRSTD de Madagascar, en octobre à Garoua (Cameroun) avec le MESIRES, en novembre à Turrialba (Costa Rica) avec le CATIE, ainsi qu'à Brasilia avec l'EMBRAPA. Par ailleurs, le CIRAD, en tant que membre de la CORAF, a participé à sa conférence plénière, qui s'est déroulée du 24 au 29 juin à Yaoundé.

Pour des implantations stables et de qualité

La nécessité pour le CIRAD de disposer d'implantations stables et de qualité dans les régions chaudes pour y conduire ses recherches est réaffirmée par le projet d'entreprise.

Le concept de pôle de recherche en coopération apparaît. Un tel pôle est le résultat de la concentration d'une équipe de taille suffisante, assurée de travailler dans des conditions satisfaisantes de stabilité à long terme et qu'une bonne gestion rend efficace. La responsabilité en est partagée

Le rayonnement des départements et territoires d'outre-mer

Avec un effectif d'environ 400 personnes, un budget de l'ordre de 150 millions de francs et 27 stations de recherche, le CIRAD possède dans les départements et territoires d'outre-mer un remarquable dispositif. Son souci de travailler dans des implantations stables et de qualité y est pleinement satisfait. Les programmes, définis avec les partenaires institutionnels, répondent aux besoins du développement local ; ils ne s'y limitent pas. Ces implantations rayonnent en effet dans toute leur région, et même, souvent, bien au-delà.

Après avoir participé à l'organisation de deux séminaires, l'un aux Comores sur la protection et la restauration des sols, l'autre à Madagascar sur la végétation endémique, l'agence du CIRAD à la Réunion poursuit sa collaboration aux travaux de la Commission de l'océan Indien dans le domaine de l'environnement. En 1991, cette commission, réunie aux Comores et à Maurice, a élaboré, avec le concours d'experts de la CCE, un ambitieux programme : gestion rationnelle des sols, préservation de la végétation naturelle et lutte contre les espèces envahissantes, gestion de l'environnement littoral, prévention des accidents dus aux déchets toxiques, aspects juridiques liés à ces questions.

L'agence de la Réunion apporte un appui technique aux projets de développement agricole de la République fédérale islamique des Comores. Les modalités d'un programme de suivi scientifique répondant aux spécificités comoriennes ont été définies. Ce programme porte sur la conservation des sols, les prairies et les cultures fourragères, les cultures vivrières, l'agroforesterie et la sylviculture. Le directeur du CIRAD à la Réunion s'est rendu en Afrique du Sud pour nouer des liens avec ce pays

et étudier les possibilités de coopération scientifique, notamment avec l'Agricultural Research Council (ARC), nouvel organisme qui — à l'instar du CIRAD — regroupe les instituts sud-africains spécialisés en recherche agronomique.

A la Réunion même, l'industrie sucrière (dont le CERF), la chambre d'agriculture et le CIRAD ont créé le Centre français de la canne et du sucre. Les moyens et les programmes scientifiques, techniques et de formation des trois partenaires entrent en synergie. La vocation de cet organisme dépasse largement l'île : il peut intervenir partout où la production de canne à sucre et la technologie sucrière se développent, à la Martinique et à la Guadeloupe en premier lieu, mais également à l'étranger.

En Nouvelle-Calédonie, une convention cadre, signée avec les trois provinces, confie au CIRAD la gestion des stations agronomiques, zootechniques et forestières du territoire. Les recherches couvrent les domaines suivants : élevage (bovins et cervidés), forêt, cultures vivrières, fruitières et caféières.

A partir de la Nouvelle-Calédonie, le CIRAD entretient des relations très fructueuses avec la Commission du Pacifique sud (CPS). Un chercheur du CIRAD y assume la responsabilité du secteur de la technologie rurale. Diverses études, portant notamment sur la filière bovine, et des missions d'aide au développement ont été demandées au CIRAD dans le cadre de la CPS.

Le CIRAD coopère aussi directement avec de nombreux pays voisins. Au Vanuatu, plusieurs chercheurs du CIRAD travaillent sur le caféier et sur les systèmes de culture et d'élevage associant le cocotier. Une extension des recherches dans le secteur de l'élevage est envisagée, avec un soutien technique de la Nouvelle-Calédonie. Aux îles Cook, le CTFT mène une action permanente en faveur de la préservation et de l'exploitation du massif forestier. A Nauru, à la suite d'une étude du CTFT, un projet de reforestation des périmètres miniers devrait être lancé. La visite en Nouvelle-Calédonie d'un conseiller du ministre de la Recherche du gouvernement fédéral australien a été suivie d'une mission en Australie du directeur de l'agence du CIRAD. Il a étudié la possibilité de renforcer la coopération scientifique dans deux domaines : l'élevage et les forêts.



avec des partenaires étrangers. Le pôle de recherche en coopération doit répondre à un enjeu scientifique majeur pour le pays ou la région où il est situé. Il peut par conséquent avoir une vocation ou une portée régionale. Par rapport aux bases-centres développées par la CORAF, il s'agit d'un concept élargi, en ce sens qu'il englobe des associations avec tout type de partenaire, y compris les entreprises et les organisations professionnelles agricoles, d'un ou de plusieurs pays.

Le pôle de recherche en coopération produit des connaissances scientifiques, assume une fonction de formation et d'information et appuie des projets et des réseaux. Ses règles d'organisation, de gestion et de contrôle ont été fixées dans un document de la direction des relations extérieures du CIRAD de décembre 1991, *Les pôles de recherche en coopération : la responsabilité partagée d'implantations stables et de qualité*. Ce document devrait servir de base aux négociations pour la constitution de centres cogérés.

La fin du mandat de gestion de la recherche en Côte-d'Ivoire

La Côte-d'Ivoire avait confié au CIRAD la gestion de la recherche sur la forêt et les cultures arborées et fruitières dans le sud du pays. Devant l'impossibilité de prendre les mesures de redressement qu'imposait le déficit structurel causé par la baisse des revenus et la croissance des dépenses en personnel, les tutelles du CIRAD et son conseil d'administration l'ont autorisé à dénoncer son mandat. Il s'agit là d'un événement éprouvant pour les deux partenaires, qu'une longue coopération unissait. Le CIRAD s'est déclaré prêt à négocier une coopération scientifique avec la Côte-d'Ivoire sur des bases renouvelées.

La passation de service s'est effectuée fin décembre. La gestion est reprise par le ministère de l'Enseignement supérieur et de la Recherche scientifique de Côte-d'Ivoire. Le retrait des effectifs du CIRAD prévoit le maintien d'une présence minimale pour assurer une certaine continuité de la recherche. Au début de 1991, 67 agents du CIRAD travaillaient dans le sud de la Côte-d'Ivoire. A la fin de l'année, ils n'étaient plus que 46.

La multiplication des échanges et des visites

Des chercheurs du CIRAD travaillent dans 54 pays, dont 26 africains, 11 asiatiques et 11 latino-américains. Ces chiffres manifestent, par rapport aux années précédentes, une légère tendance à l'expansion hors d'Afrique.



On observe une croissance significative (25 agents) du nombre des chercheurs en poste au Cameroun, au Togo, à Madagascar, en Thaïlande et au Vanuatu. En revanche, le départ de 21 agents de Côte-d'Ivoire s'accompagne de réductions conjoncturelles au Congo, au Tchad et au Brésil.

La notoriété internationale croissante du CIRAD est attestée par le grand nombre de visiteurs de haut rang qu'il reçoit. L'attrait du centre de Montpellier, en particulier, est indéniable.

Plus de 100 ministres, recteurs d'université, directeurs d'établissement de recherche et de développement venant de 35 pays partenaires, ainsi que les directeurs de sept centres internationaux de recherche agricole ont rendu visite au CIRAD en 1991. En outre, les visites de personnalités de pays comme l'Angola, le Mozambique, le Vietnam, le Cambodge, la Chine, l'Iran, l'Ouzbékistan témoignent de potentialités pour de nouvelles coopérations.

Les visites de groupes d'industriels du secteur agroalimentaire, venant de Thaïlande, du Mexique, des Etats-Unis notamment, méritent d'être signalées ; elles montrent que les efforts du CIRAD dans ce domaine sont perçus par les professionnels.

A l'écoute du terrain

La direction générale du CIRAD affirme sa volonté d'être, sur le terrain, à l'écoute des agents expatriés et des partenaires, pour mieux comprendre les situations, mieux percevoir les problèmes. Dans ce but, elle augmente ses visites à l'étranger : en 1991, le président s'est rendu au Burkina Faso en février, le directeur général au Congo et en Côte-d'Ivoire en avril, au Mali en décembre, et le directeur scientifique au Sénégal en novembre.

Dans le même esprit, la direction générale du CIRAD a accompagné le ministre de la Recherche et de la Technologie en Nouvelle-Calédonie du 28 avril au 7 mai et le directeur général de la Recherche et de la Technologie en Guyane du 3 au 9 mai.

Quant aux missions d'appui scientifique, de prospective et de participation à des manifestations scientifiques, leur nombre s'est élevé, en 1991, à plus de 800. Près de la moitié avaient l'Afrique pour destination : 32 pays étaient concernés, mais le Cameroun et la Côte-d'Ivoire ont,



à eux seuls, concentré une centaine de missions. Hors d'Afrique, 60 pays ont également reçu des visites d'agents du CIRAD.

L'internationalisation de la recherche

Le rôle international du CIRAD se concrétise par une participation très active à plusieurs opérations d'envergure.

Le conseil des ministres de la Communauté économique du bétail et de la viande (Afrique de l'Ouest), réuni le 12 décembre en session extraordinaire, a créé le Centre international de recherche-développement sur l'élevage en zone subhumide, CIRDES, qui se substituera au CRTA de Bobo-Dioulasso (Burkina Faso). L'IEMVT, dont le directeur a été élu président du conseil constitutif du CIRDES, a joué un rôle décisif dans la création de ce centre.

Dans le cadre de la structuration de la recherche forestière à l'échelle internationale, le CIRAD prend d'importantes initiatives. Le CTFT a largement participé au dixième congrès forestier mondial, réuni à Paris du 17 au 26 septembre ; il y a présenté plus de 30 communications et a également répondu à l'appel de nombreux médias. Il participe à la réflexion sur la création d'un centre international de recherche forestière, le CIFOR, et, à la demande de la CCE, à la mise en place d'un programme international sur l'écosystème forestier amazonien localisé en Guyane (PIRFAG). Enfin, la recherche sur la productivité des plantations forestières industrielles est relancée au Congo à travers un dispositif associant l'UAIC, société congolaise de plantation, l'Etat congolais et le CIRAD.

L'ouverture du CIRAD vers les agences internationales de développement s'est manifestée en mai lorsque le président et le directeur général se sont rendus à la FAO, pour un échange sur les problèmes du développement. Ils ont, à cette occasion, rappelé les capacités d'expertise du CIRAD. Les visites du directeur général à la Banque mondiale et au FIDA avaient les mêmes objectifs.

Vers l'association européenne

Le NRI, le KIT, l'IICT et le CIRAD, ayant formé le projet de fonder un club européen de recherche agricole pour les régions tropicales, se sont réunis trois fois en 1991, successivement en Grande-Bretagne, en France (Montpellier) et au Portugal. Ces rencontres et les visites réciproques de scientifiques affermissent leur connaissance mutuelle. Des liens



se concrétisent dans neuf domaines d'intérêt commun. Le consortium ECART (European Consortium for Agricultural Research in the Tropics), qui offrira aux pays en développement les capacités associées de ses membres, devrait voir le jour en 1992.

Le débat d'idées

Le CIRAD, forum de la recherche agronomique, lieu d'échange, de débat, de synthèse, est l'un des thèmes du projet d'entreprise. En 1991, le CIRAD a été partie prenante dans plus de 20 manifestations importantes où le débat d'idées s'est développé. Il organise, accueille, participe.

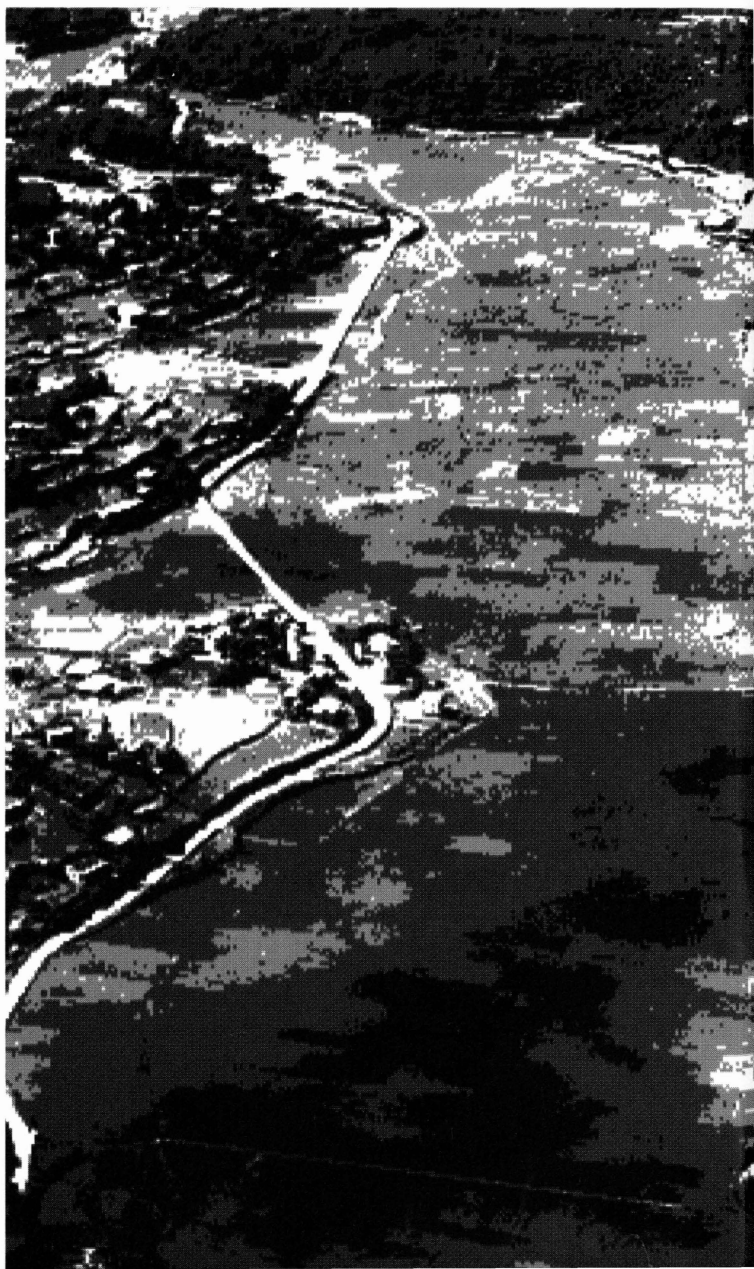
Parmi les réunions qu'il a organisées ou coorganisées, on peut citer, entre autres, quatre séminaires : sur le programme Sciences et techniques au service du développement (STD) de la CCE en Thaïlande (Bangkok) ; sur le financement et le développement rural au Burkina Faso (Ouagadougou) ; sur la qualité des produits d'origine animale et de l'agro-industrie (Paris) ; sur les bas-fonds et la riziculture (Antananarivo).

Le CIRAD a accueilli l'IFPRI à son siège parisien en mai. Cet institut y a tenu son conseil d'administration, auquel a participé le directeur général du CIRAD, qui en est membre, puis un séminaire international sur sa stratégie pour la prochaine décennie. Le même mois, le CIRAD a également reçu le comité des présidents des centres internationaux de recherche agricole dans le cadre d'une réunion du GCRAI.

Le CIRAD a en outre participé à un grand nombre de manifestations. On en retiendra le dixième anniversaire du ministère de la Recherche et de la Technologie, le forum des partenaires de l'ORSTOM, le forum agronomique des étudiants en biologie, le séminaire franco-brésilien de coopération agricole (Belo Horizonte), la conférence plénière de SPAAR (Rome) et le séminaire international sur la gestion agronomique des précipitations du réseau R3S de la CORAF (Bamako).

Renouvellement de la coopération, multiplication des échanges, internationalisation de la recherche tendent à renforcer l'image d'un CIRAD résolument mobilisateur dans la création de réseaux de relations et de recherche.

*Pour une meilleure utilisation
des ressources naturelles, la connaissance
des relations entre le climat, les sols, les plantes
et les pratiques culturales, c'est-à-dire de l'agrosystème,
rapproche les agronomes des écologues.
La redécouverte des équilibres fondamentaux
est une condition importante pour réussir,
avec les exploitants, une intégration véritable
de l'agriculture dans l'environnement. La compréhension
des changements locaux causés par des phénomènes tels
que la perte de fertilité ou la déforestation participe
à la limitation de leurs effets
à une échelle bien plus vaste,
parfois planétaire. Le CIRAD,
en s'appuyant sur une très large
interdisciplinarité, raisonne
en terme d'écodéveloppement.*



ENVIRONNEMENT ET AGRONOMIE

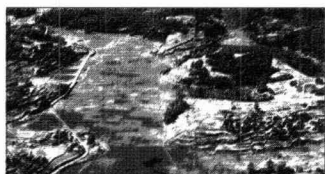


■ L'évaluation et la gestion des ressources naturelles

Gestion de la ressource pluviale

Les recherches agroclimatologiques de l'IRAT prennent une nouvelle orientation : dépassant le bilan hydrique des cultures, elles s'intéressent désormais à l'ensemble des stocks et flux hydriques de l'agrosystème (ou « hydrosystème »). Pour réduire l'écart entre la production potentielle et le rendement qu'obtient le paysan, il est possible d'agir dans plusieurs domaines de la gestion de l'hydrosystème. Cette approche repose sur l'interdisciplinarité.

L'IER et l'IRAT ont mis en évidence au Mali, dans le pays Dogon, l'existence de variétés locales de mil (NKK et M9D3) adaptables à la saison des pluies et, par conséquent, tolérantes à la sécheresse. Dans le domaine de la fertilité des sols, les travaux



réalisés avec l'ISRA au Sénégal montrent que l'apport de fumier en surface peut entraîner une localisation superficielle des racines et une exubérance précoce de la végétation. Il s'ensuit un épuisement prématuré de la réserve en eau accessible aux racines, préjudiciable à l'alimentation hydrique au moment de la formation du rendement. C'est ce qui a été observé sur les deux cultures d'une rotation mil-arachide. En Côte-d'Ivoire, un phénomène comparable, lié à un labour, d'épuisement précoce de l'eau disponible a été constaté sur un maïs en première saison de culture. Les techniques culturales doivent tenir compte du régime pluviométrique, de façon à préserver une réserve en eau pendant la phase reproductive. Le risque climatique doit également entrer dans l'évaluation de la marge économique dégagée par l'utilisation d'intrants. A partir de données expérimentales obtenues sur 15 ans dans un site représentatif de la zone de 600 millimètres de pluviométrie annuelle, on a montré par modélisation que les doses d'engrais vulgarisées doublent en moyenne les rendements maïs que la marge brute ne dépasse pas 20 %.

Améliorer la gestion de la ressource pluviale exige la prise en compte d'un ensemble de facteurs, que les structures régionales devraient intégrer pour répondre aux besoins des paysans.

Alimentation hydrique et azotée du cotonnier

Une gestion raisonnée de la fertilisation doit tenir compte des périodes de disponibilité — la pluviosité avant la levée en est un indice — et de minéralisation de l'azote dans le sol. Dans le but de réduire la fertilisation du cotonnier aux doses d'engrais azoté vraiment nécessaires, l'IRCT, l'IRA (Cameroun) et l'INRA se sont associés pour préciser les méthodes de diagnostic de la nutrition. Depuis quelques années, des abaques construits à partir du dosage de l'azote nitrique du pétiole de la quatrième feuille permettent de déterminer les quantités d'azote absorbées par la plante. On en déduit les éventuelles carences et les apports nécessaires. Cependant, de la relation étroite entre

la nutrition azotée du cotonnier et son alimentation hydrique, il résulte qu'un très faible niveau de nitrate dans le pétiole peut correspondre soit à de faibles disponibilités dans le sol, soit à un stress hydrique, la plante n'étant plus en mesure d'absorber l'azote disponible. On mesure l'activité enzymatique nitratre réductase dans le limbe de façon à mieux interpréter les flux de nitrate dans le pétiole. Si l'activité enzymatique est élevée alors que la teneur en nitrate du pétiole est faible, on se trouve en présence d'une carence, qu'il faut redresser. En revanche, certaines conditions telles que des températures très élevées ou la sécheresse peuvent être la cause d'une faible activité de l'enzyme dans le limbe. Dans ce cas, de fortes concentrations dans le pétiole ne correspondent pas nécessairement à des disponibilités élevées dans le sol : il peut y avoir accumulation de nitrates non métabolisés.

Fertilité en zone de savane

La fertilité d'un milieu, ou son aptitude à produire, a été appréhendée par la réponse de cultures (cotonnier et sorgho) à la fertilisation minérale. Deux paramètres permettent de caractériser cette réponse : le potentiel de production — ou asymptote de la courbe de réponse — et l'efficacité de l'engrais. Trois grands types de milieu peuvent ainsi être distingués : les milieux nouvellement mis en valeur, qui présentent de faibles réponses associées à de fortes potentialités ; les milieux en voie de dégradation, qui conservent de fortes potentialités et présentent de fortes réponses à la fumure ; les milieux dégradés, enfin, pour lesquels réponses et potentialités sont faibles. La méthode relative à ce mode d'évaluation de la fertilité nécessite une prise en compte des conditions de culture particulières de l'année. Elle a été mise au point dans le cadre d'une enquête sur 150 parcelles paysannes dans le nord du Cameroun.

Appliquée au Mali par l'IER et l'IRCT à différents systèmes de culture cotonniers comparés au sein de dispositifs pérennes, dont certains ont plus de 25 années d'existence,



cette méthode d'évaluation met en évidence que l'on a trop souvent sous-estimé le rôle du potassium et du phosphore dans l'évolution de la fertilité dans les régions soudano-sahéliennes. Ainsi, le potentiel de production cotonnière est principalement sous la dépendance du statut potassique du sol, lui-même déterminé par le bilan potassique du système de culture (éléments de la rotation, gestion des résidus de culture, fertilisation minérale et organique, etc.). L'efficacité de l'engrais, quant à elle, est en relation étroite avec les statuts potassique et phosphoré du sol. Ces diverses relations expliquent partiellement la stagnation, voire la baisse, des rendements des cultures de ces zones, où les systèmes de culture peuvent être caractérisés par un bilan potassique chroniquement déficitaire et où les sols sont, par nature, carencés en phosphore.

Evolution de la flore adventice

Dès lors qu'un défrichage soigneux en vue d'une fixation de la culture cotonnière est mis en œuvre, il faut prévoir des moyens de lutte pour contenir l'enherbement,

contrainte majeure à l'expression du potentiel de production. Cependant, les herbicides, outre leur coût et leur agressivité potentielle vis-à-vis de l'environnement, ne sont efficaces que dans le cadre global du système de culture, associés à des techniques manuelles ou mécaniques, et impliquent une connaissance fine de la dynamique de la flore.

A l'installation d'une culture cotonnière, les mauvaises herbes sont assez peu abondantes,

mais les espèces présentes nombreuses. Progressivement, sous l'effet des pratiques culturales et de la fertilisation, la flore évolue. Vers la troisième année, le nombre des espèces a fortement diminué, mais celles qui se maintiennent deviennent exubérantes. Ce sont surtout des graminées à cycle court. En outre, on voit apparaître des plantes à reproduction végétative, à rhizome ou à bulbe souterrain, très difficiles à éliminer. *Cyperus rotundus*, par exemple, qui ne se rencontre pas en culture traditionnelle, est tout à fait inféodé à la culture intensifiée.

Les travaux menés depuis trois ans par l'IRCT dans le nord du Cameroun montrent que, pour ajuster les traitements herbicides et surtout l'époque de leur application, il faut étudier l'écologie et la biologie des adventices. Ainsi, *Commelina benghalensis* germe massivement lorsqu'on travaille le sol au début de la saison des pluies. L'herbicide classique appliqué sur le coton reste impuissant à la maîtriser.

La parade consiste à labourer aux premières pluies, et, dès que les *Commelina* lèvent, à les détruire avec un herbicide de contact. Le semis du cotonnier peut alors se faire normalement.

Aux agriculteurs maliens on recommande d'appliquer une fumure minérale et de la terre de parc à bétail sur le cotonnier. Cependant, cette terre favorise le développement des ipomées, qui sont insensibles à l'herbicide « coton ». On a démontré expérimentalement au Bénin que le problème peut très bien se résoudre si l'on raisonne sur l'ensemble du système. A la culture de maïs qui suit, on apporte une fumure minérale. Comme l'herbicide « maïs » détruit les ipomées, la terre de parc sera appliquée au maïs et la fumure minérale seule au cotonnier. Cette solution originale respecte les besoins globaux en fertilisants. C'est l'illustration d'une approche efficace parce qu'elle prend en compte le désherbage au moment de la construction de l'itinéraire technique. Si cette conception est bien comprise dans le nord du Cameroun, il lui faudra certainement du temps pour s'imposer dans d'autres situations parce qu'elle remet en cause bien des habitudes.

La Mission agronomie, gestion de l'environnement et des ressources naturelles

Chargé de mission

Christian Pieri

Adjoint

Jean-Joseph Lacoeuilhe

Comité scientifique

• Président

Jean-Claude Rémy, ENSAM

• Membres externes

Alain Capillon, INA-PG

Pierre Milleville, ORSTOM

Didier Picard, INRA

Bernard Seguin, INRA

Franck Warembourg, CNRS

• Membres internes

Un représentant par département

■ RENCONTRES INTERNATIONALES

Le séminaire d'Antananarivo sur les bas-fonds

Le FOFIFA et le CIRAD ont organisé à Antananarivo, du 9 au 14 décembre 1991, un séminaire international cofinancé avec l'ACCT et l'ORSTOM sur le thème « Bas-fonds et riziculture ».

Les 110 participants, aux origines géographiques et aux spécialités très diverses, ont fait le point des connaissances et des expériences acquises sur les bas-fonds intertropicaux ; de la comparaison des diversités régionales, ils ont tiré des conclusions d'ordres scientifique, méthodologique et pratique.

Le bas-fond est un milieu naturel circonscrit, qui se prête bien à l'interdisciplinarité : chacun a pu découvrir des points de vue différents mais convergeant vers un même objectif, l'augmentation de la productivité des bas-fonds.

De multiples complémentarités sont apparues entre les disciplines, des logiques scientifiques qui paraissaient étrangères se sont rapprochées.

Une synergie exemplaire avec la CORAF

La notion d'agrosystème était au centre des travaux du séminaire international sur la gestion agronomique des précipitations organisé par l'Institut du Sahel et le CIRAD dans le cadre du Réseau de résistance à la sécheresse (R3S) de la CORAF et du CILSS, financé par la CCE, le CTA et l'ACDI, qui a réuni 80 participants à Bamako en décembre 1991. L'interdisciplinarité remarquable de ce séminaire en a assuré le succès, qui s'est concrétisé par la demande d'une extension du réseau aux pays anglophones de l'Afrique de l'Ouest.

Améliorer la productivité des caféières

Les petits producteurs de la région de Xalapa-Coatepec, au Mexique, expérimentant des techniques culturales, avaient demandé une assistance pour la fertilisation de leurs caféières. Les études menées par l'IRCC, avec leur participation, ont montré que, pour être efficace, la fertilisation doit s'accompagner d'un ensemble cohérent d'améliorations, elles-mêmes fondées sur une évaluation préalable des ressources naturelles disponibles. L'altitude, l'intensité de l'ombrage, la densité de plantation, les propriétés physiques du sol (les sols les plus propices à la culture du caféier sont les andosols et les sols ferrallitiques développés sur des cendres volcaniques) semblent des éléments déterminants. La technique du recépage, négligée dans la région, a également une influence sur le rendement. La fertilisation suffit d'autant moins à induire une augmentation significative de la production que les sols recevant une forte fumure azotée sont souvent très acidifiés et saturés par de l'aluminium échangeable. L'analyse des facteurs de production a souligné que l'aménagement de la plantation et le travail priment sur la fertilisation dans la formation du rendement.

La fertilité sous palmeraie

Pourquoi le palmier à huile produit-il moins en deuxième génération sur certains sols sableux ferrallitiques de Côte-d'Ivoire ? Une première étude avait montré l'existence d'un horizon compacté s'opposant à la pénétration des racines. L'IRHO a cherché, en collaboration avec l'INRA, à approfondir le processus de dégradation en examinant au laboratoire l'espace poral dans des mottes prélevées dans différents sites caractéristiques d'une plantation.

Dans les échantillons de sols plantés pour la première fois en palmier, le matériau argileux se présente sous forme de petits agrégats juxtaposés et les pores les plus gros (supérieurs à 50 micromètres) représentent 30 % de l'espace total. Dans les replantations, en revanche, le matériau argileux est pris en masse et les gros pores



ont complètement disparu. Les passages répétés d'engins lourds et, semble-t-il, l'effet cumulatif des fortes doses de chlorure de potassium appliquées en sont les causes principales. La mise en évidence de cette évolution lente et discrète, qui aboutit à des diminutions de rendement du palmier à huile de l'ordre de 25 %, attire l'attention des professionnels sur la conservation à long terme du potentiel des sols. Parmi les investissements nécessaires à la replantation, un sous-solage et un amendement alcalin relèvent sensiblement les rendements (+ 15 %).

Juger de l'état des plantations

La télédétection peut-elle aider les planteurs de palmier à huile et d'hévéa à mieux évaluer l'état nutritionnel et sanitaire de leurs cultures ? L'IRHO, l'IRCA et le laboratoire de télédétection du CIRAD, en liaison avec plusieurs partenaires indonésiens, travaillent sur des images SPOT prises en juin 1991 sur des plantations situées dans le nord de Sumatra. La première analyse numérique a identifié un certain nombre d'unités. Une enquête de terrain devait permettre de les caractériser. Pour le palmier à huile, elle a porté sur 67 sites choisis pour l'échantillonnage des sols, les études foliaires et la hauteur des arbres. Pour l'hévéa, des études antérieures ont permis de limiter à 15 le nombre des sites nécessaires à l'évaluation des teneurs en éléments nutritifs dans les feuilles et les sols. Les types de sols de palmeraies d'une part, les différents clones d'hévéa d'autre part, ont pu être distingués à partir des mesures radiométriques.

Le cocotier sur des sols tourbeux

Lancé à Sumatra en 1987, un projet de culture du cocotier sur des sols tourbeux a pratiquement achevé sa première phase : la plantation atteint actuellement 18 000 hectares, et d'autres projets se dessinent. L'IRHO, qui assure le suivi scientifique de l'opération, a dû faire face en 1991 à un phénomène inattendu. Alors que la plantation se développait parfaitement, la nouaison des premiers régimes des parcelles entrant

en production (500 hectares) était imparfaite. Pourtant, la précocité de la floraison avait été excellente. Ni la pollinisation, ni une maladie, ni un ravageur n'était en cause. En comparant la nutrition des cocotiers bien noués, notamment à la bordure des canaux secondaires de drainage où des argiles avaient été remontées, avec celle des cocotiers mal noués, on a décelé une probable carence en silice. Bien que la nouaison ait repris par la suite, cette hypothèse est en cours de vérification par des apports de silicate de sodium. Les scories de l'industrie lourde disponibles sur place, ou d'autres sources peu onéreuses, redresseront cette déficience.

Cela illustre les problèmes auxquels il faut faire face dans un milieu aussi mal connu que la tourbe pour ses propriétés agronomiques et son fonctionnement. Deux jardins semenciers de 200 hectares chacun ont dû être plantés pour produire le matériel végétal sélectionné selon les techniques de l'IRHO. Un site expérimental de 500 hectares est en cours de création. Pour le cocotier, il reste à optimiser la profondeur de la nappe phréatique (sur laquelle on peut jouer par le réseau de drainage des tourbes) et la fertilisation. En vue d'un projet qui impliquerait l'installation de petits planteurs, des associations culturales seront aussi étudiées. En outre, on observera le développement du palmier à huile sur tourbe afin de mettre au point des techniques de culture spécifiques de ce milieu.

■ Vers la modélisation du rendement des cultures

Le fonctionnement d'une palmeraie

Dans le but de comprendre l'élaboration du rendement du palmier à huile, qui résulte de la photosynthèse nette du couvert végétal et de la répartition des assimilats dans la plante, l'IRHO a étudié le fonctionnement global d'une palmeraie.

La photosynthèse nette du couvert est calculée à partir de mesures faites en fonction de l'éclairement



et en partant d'hypothèses sur l'interception du rayonnement par le feuillage. Cependant, les modèles mathématiques classiques s'appliquent mal au palmier, en raison de la structure agrégative de son couvert. Le laboratoire de modélisation des plantes du CIRAD a créé des maquettes informatiques générant des « scènes » qui reproduisent presque exactement la diversité des arbres dans la palmeraie. L'ensemble des observations, converti en fichiers de coordonnées, décrit avec précision la position et l'angle des surfaces foliaires constituant la canopée. L'étude des transferts radiatifs a été faite à partir de ces maquettes. Le modèle « ombre » restitue une image du rayonnement incident au sol sans prendre en compte les rediffusions multiples au sein du couvert. Le modèle du bilan radiatif simule les transferts au sein du couvert. Le modèle de lancer de rayon décrit la trajectoire d'un rayon et sa rediffusion éventuelle jusqu'à son absorption ou sa sortie définitive du couvert. Ce dernier modèle reproduit fidèlement les échanges radiatifs au sein de la végétation, mais il est coûteux en temps de calcul et doit être réservé aux études les plus fondamentales.

Chez le palmier, en l'absence de déficit hydrique, la production de biomasse est élevée, de l'ordre de 105 tonnes par an à l'hectare en Côte-d'Ivoire. La croissance végétative (feuilles, stipe, racines) consomme 80 % des assimilats, dont la moitié au bénéfice du seul système racinaire. Le reste est disponible pour la formation du rendement : la respiration et les fleurs mâles en utilisent 11 %, si bien qu'il reste environ 9 % des assimilats pour les régimes, soit 9,2 tonnes de matière sèche, équivalant à 23 tonnes de régimes frais.

Ces travaux sur la photosynthèse et la répartition des assimilats ont permis de modéliser l'élaboration du rendement du palmier à huile. Un premier modèle prend en compte les facteurs du climat (rayonnement, température), la structure du peuplement (indice foliaire) et des paramètres physiologiques de la plante.

Le système racinaire du palmier à huile

Des recherches sur le système racinaire du palmier à huile ont pour objectif l'amélioration de sa tolérance à la sécheresse, la compréhension de l'alimentation hydrique et minérale ainsi que des phénomènes de compétition dans les associations culturales. Elles participent à l'étude de l'élaboration du rendement.

A La Mé, en Côte-d'Ivoire, dans le cadre de l'Institut des forêts, le système racinaire de palmiers a été examiné dans un sol sableux sédimentaire n'offrant pas de résistance. Les grosses racines primaires peuvent être très longues, mais elles sont superficielles, la moitié d'entre elles restant dans les 20 premiers centimètres du sol. Les racines secondaires sont localisées à 50 % au-dessus de 1,30 mètre et peuvent atteindre 4,50 mètres de profondeur. Les racines tertiaires et les racines absorbantes quaternaires colonisent toute la sphère racinaire, jusqu'à 4,80 mètres de profondeur ; c'est cependant dans les 50 premiers centimètres qu'on en retrouve la moitié. La profondeur insoupçonnée atteinte par les racines du palmier dans les sols propices conduit à réviser le diagnostic sur la profondeur des sols et les réserves qu'il est possible de mobiliser pour l'alimentation en eau des arbres en saison sèche.

Estimation des rendements céréaliers

Des recherches sur l'utilisation des données des satellites NOAA pour l'estimation des rendements céréaliers dans les régions sahéliennes ont été menées de 1985 à 1991 par le CNES, l'INRA et l'IRAT avec l'appui de la CCE. Au Niger, des expérimentations de terrain ont permis d'ajuster un modèle de production à partir de mesures radiatives, radiométriques et biologiques. Ce modèle a pu être appliqué à des données satellitaires pour cartographier les rendements du mil dans la région de Niamey. Les résultats de ces travaux sont utilisés dans un projet pilote de prévision des productions agricoles du Sahel, en partenariat avec l'INRAN, le ministère de l'Agriculture et les services de la météorologie nationale du Niger, le centre Agrhymet et la société Sysame.



A terme, un ensemble de logiciels installé au centre Agrhymet évaluera les surfaces cultivées et les rendements à l'échelle de l'arrondissement.

Elaboration du rendement du cotonnier

Dans l'optique d'une vulgarisation agricole plus personnalisée, la recherche veut doter agronomes et techniciens des régions cotonnières des outils de diagnostic nécessaires à l'élaboration de recommandations pertinentes. Gossym, un modèle de croissance du cotonnier d'origine américaine, a été étudié et testé pendant un an par l'IRCT au sein d'un laboratoire de l'USDA à Starkville (Mississippi). Il reflète toutes les connaissances sur les mécanismes intervenant entre le cotonnier et le milieu. En l'état, il n'est pas adapté au diagnostic en milieu tropical : il a en effet été conçu pour des régions où le facteur limitant est la température et non l'eau, comme c'est le cas en Afrique ; de plus, il travaille sur l'hypothèse de sols homogènes, alors que les sols africains sont très hétérogènes, surtout du point de vue de leurs caractéristiques physiques. Le modèle devrait donc être « tropicalisé » par l'introduction des données disponibles sur la photosynthèse, les relations entre croissance et développement et les sols. Il restera des domaines où l'insuffisance des connaissances justifie des recherches complémentaires : la répartition des assimilats et les mécanismes gérant la chute des capsules, en particulier.

■ Pour une gestion durable des espaces agraires

La gestion durable des ressources naturelles se réalise en pratique dans des espaces ruraux caractérisés à la fois par des conditions physiques et par des types d'exploitation spécifiques, définissant ainsi des « espaces agraires » homogènes en terme de développement.

Agroforesterie appliquée à la Réunion

Le CTFT, l'IEMVT et l'Office national des forêts étudient les possibilités d'introduction de ligneux fourragers dans des systèmes diversifiés de la Réunion, où l'arbuste servirait à la fois de haie antiérosive, de brise-vent et de réserve fourragère.

Le premier système de production testé associe le maraîchage, l'arboriculture et l'élevage caprin. Trois légumineuses arbustives ont l'avantage d'être adaptées à différentes altitudes : *Leucaena diversifolia* (1 300 mètres), *Calliandra calothyrsus* (1 000 mètres) et *Glyricidia sepium* (600 mètres). Des essais portent sur la définition plus précise de la zone à laquelle chacune d'elles doit être réservée, sur la repousse (matière sèche et valeur alimentaire) et sur la comparaison du comportement de la plante dans les deux modes d'exploitation, coupe et pâture. Bien que *L. diversifolia* ne soit pas encore touchée à 1 300 mètres, une récente attaque de psylles oblige à se montrer prudent. *C. calothyrsus*, qui ne semble pas sensible aux psylles, a un très bon rendement, de l'ordre de 4,5 tonnes de matière sèche par coupe de feuilles. C'est une plante riche en matière azotée totale (mais un peu faible en phosphore), qui constitue un excellent fourrage. Les mêmes espèces sont étudiées dans le cadre d'un élevage de cervidés dans des zones à caractère tropical plus marqué de l'est de l'île.

Fonctionnement des bas-fonds

Les bas-fonds, dans les régions intertropicales, sont de petites vallées qui jouissent de concentrations hydrologiques privilégiées : affleurements de nappes phréatiques et ruissellements temporaires. En Afrique, ces types de milieu représentent un gros potentiel, en grande partie inexploité. A Madagascar, une des particularités les plus remarquables des paysages des hautes terres (de 900 à 1 800 mètres d'altitude) est un réseau extrêmement dense de bas-fonds humides. Cultivés en riz aquatique, ils ont actuellement une faible productivité. C'est pourquoi la recherche s'attache à comprendre leur fonctionnement, de façon à permettre



aux agriculteurs de tirer le meilleur parti de ressources ayant à priori un potentiel élevé.

L'étude d'un bas-fond situé à 25 kilomètres au nord d'Antananarivo a rassemblé dans une démarche pluridisciplinaire des spécialistes du FOFIFA, de l'IRAT, de l'ORSTOM, des universités d'Antananarivo, d'Avignon et de Montpellier, et du ministère de l'Industrie, de l'Energie et des Mines. Des résultats, très riches du point de vue des conséquences agronomiques et méthodologiques, on retiendra surtout trois éléments.

Le fonctionnement hydrologique du bas-fond est complexe. Il repose sur l'existence de nappes aquifères, situées sous les interfluvés et sous la surface du bas-fond, et d'écoulements de surface. Leur apport respectif varie au cours de l'année : selon la saison, le bas-fond est alimenté par l'affleurement des nappes ou par les ruissellements.

Le fonctionnement physico-chimique du bas-fond a été étudié en mesurant au long de son profil les paramètres pertinents pour la rhizosphère du riz : pH, potentiel d'oxydoréduction, température des eaux, conductivité électrique. Il en ressort des conditions favorables à la libération de fer ferreux, toxique pour la plante. Cette toxicité, liée à l'engorgement, est plus forte en amont, où les sols sont plutôt organiques et tourbeux, hydromorphes, qu'en aval, où les sols minéraux sont mieux drainés.

La réponse de la plante varie selon cette toposéquence : en culture traditionnelle, les rendements, en relation directe avec la toxicité ferreuse, passent d'environ 1,4 tonne à l'hectare en amont à 2 tonnes en aval.

On devrait pouvoir suggérer maintenant certaines modifications des pratiques culturales ayant pour objectif d'éviter la toxicité ferreuse en favorisant la réoxydation du sol.

Aménagements hydroagricoles villageois

L'efficacité des aménagements hydroagricoles repose sur la connaissance du fonctionnement du milieu physique et sur celle des communautés qui seront

appelées à les utiliser. Au Mali, les aménagements des bas-fonds et des petites plaines de la région de Sikasso étaient sous-utilisés en raison, principalement, d'une mauvaise maîtrise de l'eau due à de très fortes perméabilités. L'IER et l'IRAT, se fondant sur une observation attentive de ces entités naturelles, ont testé une digue déversante munie d'une tranchée d'étanchéité destinée à limiter le débit de la nappe. Les mesures hydrologiques réalisées avec l'ORSTOM, les suivis agronomiques et les enquêtes socioéconomiques sur quatre années ont montré d'une part que la nappe était stabilisée, et d'autre part que ce type de petit aménagement est valorisé même en l'absence d'intensification agricole. Ce point est important, car la riziculture est pratiquée surtout par des femmes, qui ont peu accès aux intrants. Sans remise en cause des façons culturales, les rendements passent de 1,4 tonne à 2 tonnes à l'hectare. Du point de vue méthodologique, les bases de la modélisation hydrologique de ce type de milieu et de la simulation de son fonctionnement avec ou sans aménagement sont acquises.

Périmètres irrigués

Les aménagements de l'Office du Niger, au Mali, qui datent des années 30, doivent être réhabilités. Le projet Retail, financé par la CCE et auquel participent le DSA, le BDPA et l'IRAM, porte sur environ 2 500 hectares, soit 500 exploitations. C'est une sorte de laboratoire en vraie grandeur pour l'ensemble de la région. La rénovation du système hydraulique, qui a pour objectif une véritable maîtrise de l'eau, est indispensable à une intensification de la riziculture. Le nouveau système repose sur un repiquage du riz (auparavant semé à la volée), l'emploi de variétés courtes non photosensibles et, surtout, l'introduction de la double culture. Ce système est bien accepté par les paysans : le quart des surfaces concernées est déjà en double culture, le repiquage est généralisé et se répand au-delà du projet. En 1991, les variétés identifiées avec l'IER pour la double culture ont commencé à être vulgarisées massivement.

Le réaménagement supprime l'inondation des parcelles situées en dehors du casier officiel, qui autrefois bénéficiaient du débordement (parfois provoqué) des drains. Cela a des conséquences dramatiques pour les paysans qui les cultivaient. On propose des aménagements permettant une remise en eau partielle et contrôlée de ces casiers. Des négociations devraient permettre d'aboutir à une solution qui satisfasse toutes les parties : les paysans, qui retrouveraient la possibilité de cultiver ces terres ; les aménageurs, assurés que le drainage se fait correctement ; les agronomes, satisfaits des mesures de contrôle de la dégradation chimique des terres, alcalinisation et sodisation étant les conséquences d'un mauvais assainissement des casiers.

D'autres actions sont liées à l'intensification. Ainsi, des parcelles ont été réaménagées pour le maraîchage. Les exploitants se montrent extrêmement intéressés, en raison de la proximité de la ville de Niono, qui offre des débouchés. La mise en place de parcelles fourragères autour des villages répond aussi à une forte demande : c'est une bonne solution pour mieux alimenter les bœufs de trait et faire face à la réduction des possibilités de pâturage du fait de la double culture. Des légumineuses annuelles et des arbres fourragers (sur les parties hautes) sont expérimentés.

Rénovation d'oasis

L'oasis traditionnelle, avec ses trois étages — cultures annuelles (légumes, céréales) et fourragères, arbres fruitiers, palmiers dattiers —, crée un microclimat favorable à l'ensemble des productions. C'est un écosystème perfectionné, qui fonctionne très bien tant que son équilibre est respecté.

Un projet de coopération franco-tunisienne associe l'INRAT, le CIRAD, l'INRA et l'IRFED dans une recherche pour le développement de l'agriculture d'oasis dans le Sud tunisien. Les oasis de la région de Tozeur évoluent vers une monoculture de palmier dattier d'une seule variété, la Deglet nour. Cet appauvrissement considérable entraîne une grande fragilité de l'écosystème : l'effet

■ DES PRODUITS POUR LE DÉVELOPPEMENT

Traitement d'images satellitaires au Burkina Faso

L'attention des responsables du développement agricole du Burkina Faso avait été attirée par les résultats obtenus par le CIRAD dans le cadre d'activités de télédétection conduites depuis 1986 au sein de programmes sur les cultures pluviales de l'INERA. Pour la région ouest, par exemple, qui se transforme rapidement sous l'effet de l'installation de nombreux migrants, les éléments statistiques et les représentations cartographiques montraient l'extension des terroirs cultivés et la densité d'occupation du sol par rapport aux ressources naturelles. De telles informations leur sont alors apparues indispensables à la mise en œuvre d'une véritable gestion du terroir. C'est pourquoi les responsables de la recherche burkinabé ont décidé, avec l'appui financier du FAC et du CIRAD, de créer une cellule de télédétection au sein même de l'INERA, afin de développer de nouvelles interventions et de faciliter la réalisation locale de certains traitements. Cette cellule a été équipée en 1991 et de nombreuses études lui ont été confiées. Dans le même temps, des actions de formation se sont déroulées sur place et au laboratoire de télédétection de Montpellier.

Plantations à vocation de bois d'œuvre : un bilan

Sous les auspices de la FAO, le CTFT a achevé et publié en 1991 un bilan sur la sylviculture, en Afrique tropicale humide, des espèces forestières à vocation de bois d'œuvre — bois réservé à des utilisations nobles telles que mobilier, menuiseries, panneaux, construction.

Vingt et une espèces sont traitées, parmi lesquelles le teck, le framiré, le limba, l'ayous (ou samba), le cedro, le gmelina, l'okoumé. La création de plantations, les techniques sylvicoles, les modalités de croissance et le potentiel de production sont traités pour chacune d'elles, de sorte que l'ouvrage est un véritable mémento du sylviculteur et du développeur. Ce bilan est le fruit de 25 années de travail dans cinq pays africains, mais les principes et techniques proposés peuvent parfaitement être extrapolés à d'autres régions du monde écologiquement comparables.



tampon du microclimat disparaît ; la production de matière organique diminue par suite de la réduction des surfaces fourragères (donc de l'élevage), et le maintien de la fertilité ne se fait plus qu'au prix d'une importation de fumier ; l'autosuffisance alimentaire n'est plus assurée. D'où vient cette situation ? Deux éléments l'expliquent largement. En premier lieu, la datte Deglet nour prime sur le marché international, et le niveau de vie de ceux qui la cultivent s'est indéniablement élevé ; cependant, une concurrence algérienne se dessine et l'on peut aisément deviner la précarité de cette aisance nouvelle, reposant sur une seule production. En second lieu, la main-d'œuvre se raréfie au point que même la pollinisation artificielle du palmier dattier peut, à court terme, devenir un problème. Cela est probablement dû à des contrats de métayage défavorables, qui donnent d'autant plus d'attrait aux activités de tourisme et à la migration vers des pays voisins.

Les propositions portent sur une gestion moins extensive des ressources rares, en particulier de l'eau d'irrigation, et sur une revalorisation du capital oasien, avec l'introduction d'autres variétés de palmier dattier et la réhabilitation d'au moins un sous-étage de culture. L'inventaire du patrimoine génétique oasien, réalisé avec le Centre de recherche phœnicicole de l'INRAT, aboutira à des collections de sauvegarde des principales espèces cultivées, en vue de travaux de sélection. Les inventaires phytosanitaires ont montré la nécessité d'actions de lutte biologique contre la pyrale et la cochenille blanche du palmier dattier. La menace de la fusariose n'est pas à exclure. Un effort particulier est accompli dans le domaine de la technologie de la datte : conditions de récolte, qualité des fruits et conditionnement.

Ecodéveloppement

Par ses recommandations et ses interventions, le CIRAD est amené à promouvoir de nouvelles façons de gérer les espaces agraires. L'introduction d'importantes modifications dans un système agraire doit également impliquer une réflexion sur les évolutions

susceptibles de se manifester dans les équilibres fondamentaux. Dans cette optique, le DSA a été appelé par la FAO à participer à un projet de développement intégré du sud de l'Angola. Le système en place est caractérisé par une très forte intégration de l'élevage et de l'agriculture. Les troupeaux sont importants et la traction bovine s'est partout imposée. L'agriculture, à base céréalière, est pratiquée à petite échelle, chaque actif ne travaillant pas plus de deux hectares. Tous les champs sont labourés, la plupart sarclés, et le maintien de la fertilité des sols est assuré par l'épandage généralisé de terre de parc. La fin de la guerre ouvre le marché, et le projet consiste à développer dans la région des cultures de rente comme le ricin, le tournesol et le coton. Les chercheurs du DSA ont attiré l'attention des décideurs sur les conséquences de ces bouleversements sur le devenir des espaces agraires dans la perspective de leur gestion durable. Ainsi, l'introduction de ces spéculations risque fort de provoquer une extension des superficies cultivées. L'équilibre de la fertilité des sols sera alors gravement compromis : la diminution des pâturages entraînera celle des troupeaux, et donc des restitutions organiques, alors que les exportations minérales d'un matériel végétal plus productif augmenteront. Tous ces éléments doivent être pris en compte pour que le système se transforme sans mettre en péril son avenir. Les stratégies à établir supposent en particulier que soit défini, pour chaque zone d'écodéveloppement, le rendement compatible avec le maintien de la fertilité de ces espaces.

■ Environnement et agriculture

L'inventaire des ressources pastorales

L'inventaire de l'occupation du sol est typiquement un objectif qui requiert l'utilisation conjointe de la télédétection et de l'enquête de terrain.



Une méthode s'appuyant sur ces deux techniques a été mise au point par l'IEMVT pour la cartographie des ressources pastorales. Elle introduit des analyses statistiques dans le but de rationaliser l'exploitation des données satellitaires et de connaître la précision obtenue. Les unités d'enquête sont choisies par tirage systématique et aléatoire. Pour les deux zones expérimentales étudiées, situées dans le sud de la Mauritanie, la précision relative moyenne des données d'occupation du sol est passée de 34,5 % à 85,5 % grâce à la télédétection.

Télédétection et environnement

Les travaux réalisés depuis plusieurs années par le laboratoire de télédétection ont montré l'intérêt des données satellitaires pour l'établissement de cartes à l'usage du développement rural. Les documents produits expriment des diagnostics sur lesquels peuvent s'appuyer l'aménagement de l'espace et la conduite de projets agricoles. Toutefois, certaines confusions dans l'analyse et l'interprétation des radiométries conduisent parfois à une représentation unique pour des états de surface différents. On cherche à éliminer ce handicap en segmentant à priori

l'image satellitaire par l'introduction de données exogènes. Cette méthode a été appliquée pour la première fois pour la carte de la presqu'île de Taravao, à Tahiti. L'occupation humaine et la végétation naturelle y sont très liées à la pente et à l'altitude. La segmentation de l'image a été faite en fonction de ces paramètres et les principales confusions ont effectivement

été éliminées. Les recherches méthodologiques se poursuivent à l'occasion de l'étude des bassins versants de l'Imamba et de l'Ivakata à Madagascar, avec l'objectif de fournir aux aménageurs des documents utiles à la gestion des ressources en eau et en terre.

La progression de la désertification

L'analyse comparative de photographies aériennes prises à 20 ans d'intervalle dans la région sahélienne du Burkina Faso a permis à l'IEMVT d'estimer la progression des zones dégradées, qui sont passées de 5 % à 27 % entre 1955 et 1974. Pour savoir si ce processus de désertification se poursuit ou non, et selon quels modes, une analyse multitemporelle des paysages à partir de données satellitaires Landsat et SPOT a été réalisée sur une zone test de 60 000 hectares. On constate que la dynamique de la végétation diffère selon la nature des sols et des substrats. Sur les sols sableux, la dénudation est réversible les années où les pluies sont favorables. En revanche, sur les glacis limoneux, les possibilités de régénération sont extrêmement limitées. Globalement, la désertification continue à progresser : par rapport à 1972, 38 % de la superficie de la zone test est en bon état, stable ou en amélioration ; à l'opposé, 21 % des surfaces sont désertifiées, ou en dégradation constante.

Expansion agricole et pression parasitaire

L'accroissement des activités agro-sylvo-pastorales, lié à l'explosion démographique vécue par de nombreux pays et à l'augmentation des besoins en produits agricoles de toute nature, conduit à des transformations de plus en plus marquées des paysages naturels ou déjà anthropisés. L'une des conséquences en est l'aggravation des problèmes phytosanitaires, dont les acridiens sont une illustration exemplaire. En 1991, deux projets d'étude de pullulations d'acridiens dues à des bouleversements de l'environnement ont été entrepris par le Prifas en liaison avec la CCE.

▼ La Mission télédétection

Chargé de mission

Jacques Imbernon

Comité scientifique

• Membres externes

Jean-Paul Cheylan, CNRS

Michel Deshayes,

CEMAGREF

Christine King, BRGM

Claude Klapisz,

université Paris VII

Hervé Le Men, IGN

Jacques Noël, ORSTOM

Gilbert Saint, CNES

Bernard Seguin, INRA

• Membres internes

Un représentant

par département



Au Brésil, dans les Etats du Mato Grosso et du Rondonia, le NMA-EMBRAPA et le Prifas font l'hypothèse que le criquet créole, *Rhammatocerus schistocercoides*, pullule et se comporte comme un ravageur depuis que la couverture forestière est fortement compromise et remplacée par une agriculture spéculative. Pour s'en assurer, des recherches sur la biologie et l'écologie de l'espèce sont entreprises. Elles seront mises en relation avec l'évolution du milieu, constatée en comparant des images satellitaires prises au cours des 15 dernières années. En Chine, l'installation d'un barrage hydroélectrique à Shanmexia, dans le bassin du fleuve Jaune, a modifié les conditions de l'agriculture par des remontées de sel et des franges de crues et de décrues rendant les zones qui en sont affectées impropres à la culture mais y favorisant la multiplication de deux espèces d'acridiens, *Locusta migratoria manilensis* et *Oedaleus infernalis*. Ici aussi, le phénomène doit être vérifié. La connaissance

de la biologie et de l'écologie de ces espèces est entreprise en collaboration avec l'université de Shaanxi. Aussi bien au Brésil qu'en Chine, des mesures seront conseillées pour limiter les pullulations à court terme. A plus long terme, les résultats des recherches permettront de proposer des interventions de lutte raisonnée qui incluront probablement des actions sur le milieu.

Surveillance de la déforestation

La déforestation, conséquence de déséquilibres biologiques du milieu comme de l'extension du domaine cultivé, atteint un degré alarmant en Asie du Sud-Est depuis les années 70. C'est l'un des enjeux les plus importants pour l'environnement et le développement socioéconomique des pays de la région pour les prochaines décennies. En vue d'une gestion durable de l'environnement, six pays — Brunei, Indonésie, Malaisie, Philippines, Singapour, Thaïlande — se sont groupés au sein du projet SEAMEO pour appliquer les données satellitaires à l'étude de la déforestation. Le CTFT, qui participe à ce projet, travaille à deux échelles. Une étude globale menée sur des données du satellite NOAA a pour but l'évaluation de la couverture forestière et de ses changements. Dans la mesure du possible, ces données sont comparées à des informations antérieures (cartes, statistiques forestières, etc.). Par ailleurs, des données satellitaires à haute résolution (SPOT) ont été acquises pour deux sites tests sélectionnés dans chaque pays. L'analyse qui en est faite devrait fournir des résultats plus détaillés permettant une meilleure compréhension des processus de déforestation.

Les forêts d'Afrique centrale

Le rythme rapide auquel les forêts tropicales des zones humides sont défrichées fait que certains pays ont vu disparaître la plus grande partie de leur patrimoine en quelques décennies. Les forêts naturelles qui existent encore doivent être protégées et aménagées de telle sorte que l'exploitation ne nuise pas à leur renouvellement.

■ FORMATION

Evaluer la déforestation en Asie du Sud-Est

Le projet SEAMEO portant sur l'étude de la déforestation de six pays d'Asie du Sud-Est comporte un important programme de formation pour des participants de chacun des pays concernés. Deux sessions regroupant 21 personnes se sont déroulées en Thaïlande en 1991, l'une à l'Asian Institute of Technology, l'autre dans le cadre du centre de biologie tropicale du SEAMEO. Une formation appliquée à l'interprétation des images NOAA se met en place pour de petits groupes. Les personnes en formation contribuent en outre à l'étude des sites tests de leur pays.



Des efforts accrus de reboisement sont en outre indispensables pour soulager la pression qui s'exerce sur elles.

La CCE a décidé en décembre 1991 de financer un très important programme de conservation et d'utilisation rationnelle des écosystèmes forestiers d'Afrique centrale. Le CTFT en est partie prenante, aux côtés des universités de Rennes et de Louvain et de deux bureaux d'études, Agrer (Bruxelles) et Agriconsulting (Rome). Sept pays sont concernés : le Cameroun, le Congo, le Gabon, la Guinée équatoriale, la République centrafricaine, São Tomé et Príncipe et le Zaïre. Dans chacun d'eux, un massif forestier de 10 000 à 100 000 hectares a été choisi pour étudier les ressources forestières, la faune, la flore et en concevoir une gestion durable. Le CTFT participe au contrôle scientifique de l'ensemble et est plus particulièrement chargé de la forêt centrafricaine (massif de N'Gotto), seul site où seront mis en œuvre simultanément les trois types d'action du programme : aménagement forestier de 20 000 hectares pour la production de bois d'œuvre, conservation de la biodiversité de l'écosystème sur 20 000 hectares également, développement rural et agroforesterie pour environ 8 000 hectares. L'ensemble du programme aura valeur d'exemple pour les forêts tropicales humides.

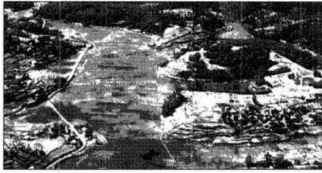
Aménagement forestier en Amérique tropicale

Est-il possible d'aménager les forêts humides d'Amérique tropicale ? Pour préparer la conférence sur l'environnement de Rio de Janeiro qui doit se tenir en juin 1992, la FAO a commandé au CTFT une étude sur l'aménagement et la conservation des forêts denses de ces régions. Ce travail de synthèse a été réalisé d'après des rapports nationaux préparés spécialement et des rapports de projets. Quelques grandes idées s'en dégagent. L'aménagement forestier n'existe, dans la plupart des pays, qu'à l'état de concept et n'est pratiquement pas mis en application sur le terrain. Pourtant, des techniques éprouvées sont mises par la recherche à la disposition du développement et la plupart des législations prévoient l'établissement

d'un plan d'aménagement forestier. D'où vient ce décalage ? On établit une relation directe entre la croissance démographique et le déboisement : dans les pays connaissant une explosion démographique, le besoin de terres pour couvrir les nécessités alimentaires (et aussi les besoins en bois) l'emporte sur la préservation des écosystèmes, c'est une question de survie. Schématiquement, le peuplement humain commande en effet la répartition en trois groupes des pays concernés ; les politiques forestières devront en tenir compte. Les pays d'Amérique centrale et des Caraïbes ont en commun une forte densité de population, un manque de terres et connaissent en outre des phénomènes d'érosion. Pour eux, une politique de délimitation de forêts de protection doit s'accompagner d'un aménagement intensif des forêts exploitées et d'un encouragement des activités agroforestières. Dans les pays du massif amazonien, où la densité humaine est faible dans la zone forestière, un zonage des terres réalisé sur des bases scientifiques devrait orienter la colonisation agricole vers les meilleures terres, prévoir le développement de l'exploitation forestière dans les forêts permanentes et protéger les zones les plus riches du point de vue écologique et biologique. Enfin, pour le bloc guyanais, peu peuplé et qui ne connaît pas le problème des défrichements agricoles, l'aménagement forestier se pose essentiellement en termes techniques.

Environnement et bois de feu

Les populations urbaines des pays en développement consomment des quantités considérables de bois comme combustible, pour la cuisson des repas, en particulier. La filière d'approvisionnement, informelle, procure une activité à un grand nombre de personnes. Cependant, la ponction sur les réserves ligneuses des régions périphériques des villes s'exerce en général sans contrôle et conduit à des surexploitations qui mettent la ressource en péril, avec des conséquences fâcheuses sur l'environnement (assèchement, érosion éolienne, parasitisme).



Au Niger, un projet exemplaire de la Banque mondiale, financé par le Danemark, concerne les quatre principales villes du pays. Mis en œuvre par le ministère de l'Hydraulique et de l'Environnement et le ministère des Mines et de l'Energie avec le concours technique du CTFT et d'un bureau d'études, la société Seed, il a pour objectif de garantir un approvisionnement régulier et adapté aux besoins des ménages tout en assurant une gestion conservatoire et rationnelle des formations arbustives qui soit aussi une contribution à la lutte contre la désertification. Pour chaque ville, un schéma directeur d'approvisionnement en « bois-énergie » planifie la réorganisation de la filière et précise les zones prioritaires d'intervention. Ce schéma est achevé pour Niamey, en cours d'élaboration pour les trois autres villes. Parallèlement, pour créer un cadre favorable, une réforme réglementaire — qui sera promulguée en 1992 — se prépare. Elle vise à faire de la fiscalité forestière un instrument de la gestion de la ressource naturelle. Enfin, des marchés ruraux de bois sont créés et des aménagements forestiers villageois se mettent en place pour donner aux agriculteurs un rôle prééminent dans la filière.

Valorisation agricole des eaux usées

Les eaux usées d'origine agro-industrielle et urbaine posent de gros problèmes de pollution des milieux aquatiques et de nuisance pour le voisinage (toxicité, risques sanitaires, odeurs), qu'aucune législation ne prend en compte dans les pays tropicaux. Le dynamisme du maraîchage qui se développe en ceinture des grandes villes pourrait être le point de départ d'actions de dépollution. Traitées, les eaux peuvent en effet être recyclées et fournir en outre de l'énergie et des fertilisants.

Dans cette optique, des recherches sur le traitement des eaux usées ont été entreprises à Montpellier par l'IRAT en collaboration avec l'université Montpellier II et Verseau, centre régional d'innovation et de transfert technologique. Le procédé breveté

Transfiltre qui est en cours de mise au point repose sur le principe de la séparation des fractions solide et liquide. Les matières solides en suspension sont fixées à 90 % par de la paille de céréales servant de support. Compostée, cette paille enrichie fournit de l'énergie et un engrais pour les jardins maraîchers, tandis que la fraction liquide, épurée, est recyclée pour l'irrigation ou l'agro-industrie. Ce procédé pourrait s'appliquer par exemple au traitement des eaux d'extraction de l'amidon de manioc avec une fixation sur des éclats de bambou ou à celui des eaux résiduaires des sucreries avec la bagasse comme support.

Agriforce, filiale du CIRAD, intervient dans le domaine de la valorisation des eaux usées. Son activité la plus importante porte sur le traitement des pollutions des abattoirs d'Afrique soudano-sahélienne, expérimenté par une installation pilote à Thiès, au Sénégal. Un atelier de travail a réuni les responsables des abattoirs de huit pays de la région en novembre 1991. Ils ont confirmé la gravité des pollutions et nuisances provoquées par leur activité et la nécessité de réaliser des économies d'eau et d'énergie, dont ils sont gros consommateurs. La majorité des déchets d'abattoirs est constituée de matières stercorales entreposées aux abords des établissements ; elles représentent 15 000 tonnes par an pour les huit pays concernés. La fermentation anaérobie provoque des dégagements de méthane évalués à 400 000 mètres cubes par an, ce qui équivaut, du point de vue de l'effet de serre, au brûlis de 5 700 hectares de savane. Récupérée, cette fermentation produirait 780 000 kilowattheures électriques et 2 500 tonnes de compost. C'est ce qui est testé avec succès à l'échelle pilote à Thiès. Quant à l'épuration des eaux avant recyclage, le procédé de lagunage doit être adapté au cas particulier des abattoirs.

Faut-il craindre le cadmium des phosphates africains ?

Certains phosphates africains contiennent du cadmium, métal lourd très polluant, nuisible pour la santé. L'Europe du Nord a renoncé à les acheter,



ce qui a gravement affecté le commerce des pays producteurs, le Sénégal et le Togo en particulier. L'Association pour la promotion des produits phosphatés d'Afrique de l'Ouest a confié au CIRAD des études visant à mieux comprendre le devenir du cadmium dans les sols et son éventuelle introduction dans la chaîne alimentaire par les plantes et les animaux. Dans les terres acides, le cadmium des phosphates est disponible pour les végétaux, qui l'absorbent facilement. En revanche, dans les autres sols, calcaires ou argileux par exemple, il se combine à des espèces chimiques insolubles et se trouve fixé de façon quasiment irréversible, de sorte qu'il ne peut être consommé par les plantes. Par ailleurs, la biodisponibilité du cadmium des sols enrichis en produits phosphatés n'est pas étroitement reliée à la teneur en cadmium total de ces derniers. Des cinétiques de dissolution montrent que le cadmium extrait peut être divisé en fractions (généralement deux) présentant des vitesses d'extraction différentes. Une méthode d'appréciation des risques de toxicité devra tenir compte de ces éléments.

▼ Les thèses soutenues en 1991

Les « sols rouges » de l'Inde péninsulaire méridionale : pédogenèse ferrallitique sur socle cristallin en milieu tropical, par Gérard Bourgeon, université Paris VI. Département IRAT.

Evolution et comportement de sols sablo-argileux ferrallitiques sous culture de palmiers à huile, par Christian Hartmann (France), université Paris VI. Accueil CIRAD : département IRHO.

Caractérisation de la fragilité écologique et des potentialités agronomiques de la région de Houndé au Burkina Faso : utilisation de différentes techniques de diagnostic, par Philippe Morant, Institut national polytechnique de Lorraine. Département IRAT.

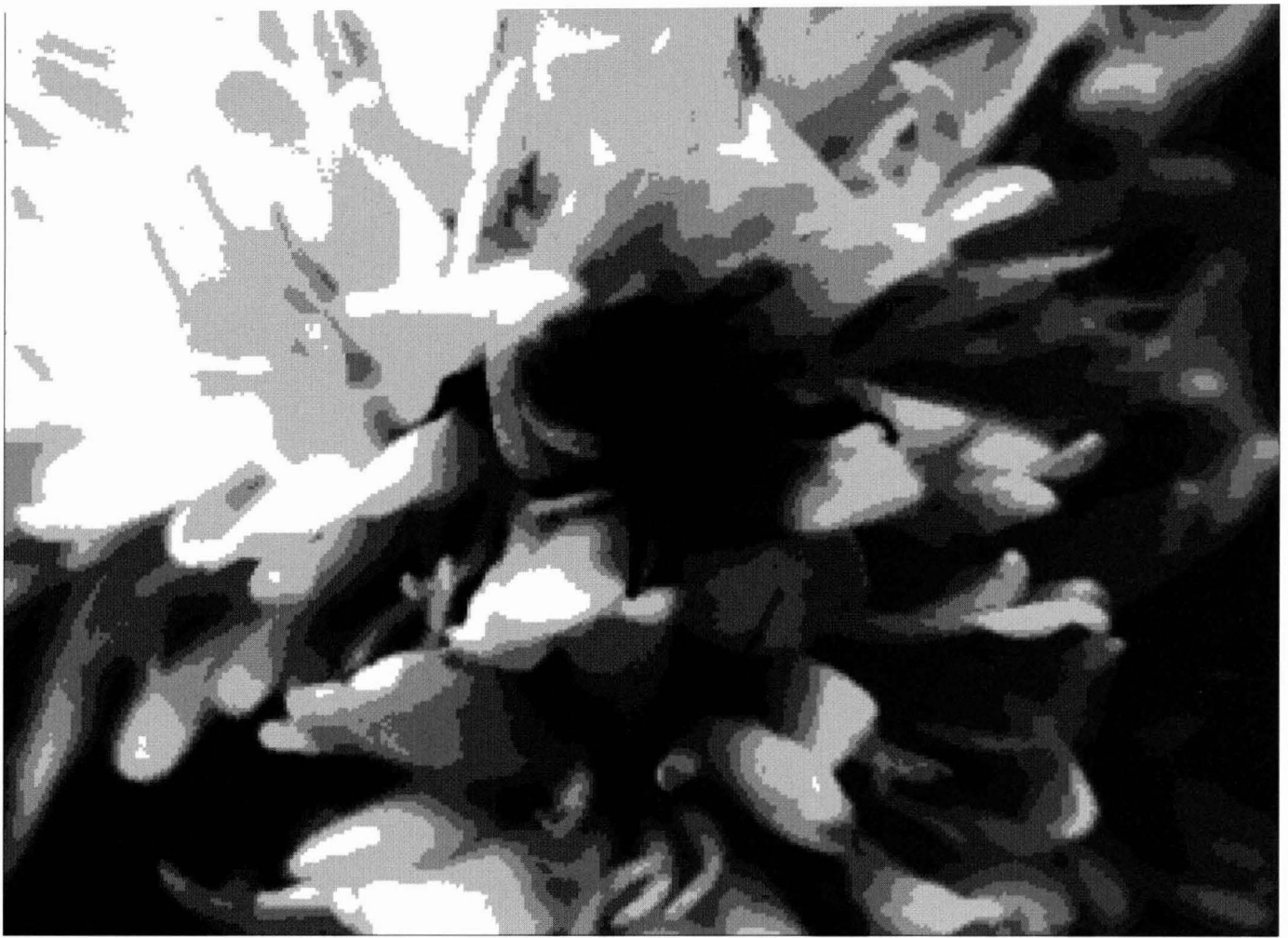
Estimation de la production primaire en zone sahélienne à partir de données radiométriques. Cas d'un couvert discontinu : le mil, par Agnès Begue (France), université Paris VII. Accueil CIRAD : département IRAT.

Pluviosité et nutrition azotée du cotonnier (*Gossypium hirsutum* L.) : validité du diagnostic pétioleaire, par Joseph Ekorong (Cameroun), Ecole nationale supérieure agronomique de Montpellier. Accueil CIRAD : département IRCT.

Fermentation méthanique des épluchures de manioc. Influence et dégradation du cyanure, par Nadine Cuzin (France), université de Provence, Aix-Marseille I. Accueil CIRAD : département IRAT.

*Variétés nouvelles de nombreuses espèces,
multiplication de matériel végétal sain et conforme,
techniques d'identification variétale dans les plantations :
la contribution de la discipline « amélioration des plantes »
au développement agricole grandit chaque année.
Tous ces produits impliquent des progrès constants
dans les domaines de la connaissance du génome, de la biologie
cellulaire et de la génétique des plantes. C'est pourquoi le CIRAD
se dote des techniques et des outils les plus récents. La création
en 1991 de Biotrop — unité de recherche commune
aux départements, dont les laboratoires ont pour vocation
les biotechnologies appliquées à l'amélioration
des plantes tropicales — est un élément fort de cette politique.*

AMÉLIORATION DES PLANTES



■ Collecte et conservation des ressources génétiques

Les aires naturelles de certaines espèces d'arbres ne sont pas toujours bien délimitées. C'est le cas pour *Eucalyptus pellita* et *Acacia aulacocarpa*, pour lesquels de nouvelles provenances ont été « découvertes » par le CTFT en Papouasie-Nouvelle-Guinée.

Ces écotypes, qui ont des caractéristiques originales, élargissent la base génétique utilisée dans les programmes d'amélioration.

Les populations naturelles de rotin (famille des palmiers) sont, en Asie du Sud-Est, l'objet d'une exploitation intensive. Leur épuisement conduit de grandes entreprises forestières à envisager des plantations industrielles. C'est le cas de Innoprise, en Malaisie, avec laquelle le CTFT a engagé un double programme d'analyse de la diversité génétique et de création de variétés issues soit de graines, soit de boutures obtenues par culture *in vitro*.

Deux réunions internationales se sont tenues en 1991 sur le cocotier. Au cours de la seconde, organisée par l'IBPGR en Indonésie, un réseau mondial des ressources génétiques du cocotier a été créé : 24 pays y participent. L'IRHO a été chargé de la mise en place d'une base de données, à laquelle les 18 pays du réseau qui ont un programme de recherche sur le cocotier apporteront leur contribution. Le réseau a également insisté sur l'intérêt de la culture d'embryons zygotiques et de leur cryoconservation, deux techniques que le CIRAD et l'ORSTOM ont fait progresser notablement.

Par mesure de sauvegarde et pour faciliter les échanges de matériel génétique, les collections de travail des sélectionneurs de l'IRAT et de l'IRCT sont conservées à Montpellier, sous forme de semences. La collection de riz rassemble 4 830 lignées pures et populations, celle de maïs 720 et celle de sorgho 1 600. La collection de cotonnier réunit environ 1 300 variétés. A cela s'ajoutent des semences récoltées au cours de prospections et maintenues comme réserve



génétique : 2 300 échantillons de riz et 1 500 de cotonnier. Les principales variétés créées par l'IRAT et prêtes à être vulgarisées sont également entretenues par le laboratoire de semences, soit 193 variétés de riz, 50 de maïs et 52 de sorgho. Le noyau de départ nécessaire à la multiplication de variétés ou à la fabrication d'hybrides est produit soit à Montpellier lorsque la nature du matériel végétal

le permet, soit à la Guadeloupe pour le riz et le maïs, ou au Sénégal pour le sorgho.

Pour l'arachide, l'IRHO dispose de deux collections de sauvegarde, l'une de 1 300 cultivars au Sénégal et l'autre de 600 cultivars au Burkina Faso.

Tout ce matériel végétal est maintenu en chambres froides ou en congélation à -18°C .

La conservation des ressources génétiques de la canne à sucre se pose en des termes différents. D'abord pour des raisons d'espace, elle est réalisée *in vitro*. Les plantules régénérées à partir de la culture de bourgeons sont mises en tubes à essai et gardées à 18°C , température de croissance lente. En 1991, 550 clones étaient en vitrothèque à Montpellier et des vitrothèques partielles étaient constituées à la Réunion et à la Guadeloupe. Dans cette dernière localisation, la collection en vitrothèque est également utilisée pour la production de plants sains de prépépinière. Pour diminuer les risques de modification génétique, l'IRAT et l'ORSTOM cherchent actuellement à utiliser la cryoconservation sur des cals embryogènes et des méristèmes. Cette technique, qui consiste à plonger le matériel dans de l'azote liquide (-196°C) à l'issue de prétraitements, donne de très bons résultats sur la variété Co 64-15 : le taux de régénération est supérieur à 90 %. Appliquée à d'autres variétés, elle donne des résultats variables. Sa mise au point se poursuit pour la rendre efficace sur toutes les variétés.

Pour sa part, l'IRCC a commencé à Montpellier une collection *in vitro* de clones de caféiers ; elle contient actuellement 150 descendances de plantes individuelles.

■ Diversité génétique et cartographie du génome

La richesse des cacaoyers Criollo

A partir de la haute Amazonie, centre d'origine du cacaoyer, *Theobroma cacao* s'est diversifié en plusieurs groupes génétiques, dont les plus importants sont les Forastero et les Criollo. Les cacaoyers Criollo

■ COOPÉRATION INTERNATIONALE

Ressources génétiques : complémentarités

La Mission connaissance et amélioration des plantes du CIRAD a organisé en mai 1991 un séminaire sur les ressources génétiques, qui a rassemblé une trentaine de chercheurs de l'IBPGR, de l'INRA, de l'ORSTOM et du CIRAD. Les débats ont porté sur cinq thèmes : les modèles de diversité génétique des espèces sauvages ; l'établissement et la gestion de collections représentatives (core collections) ; les techniques de conservation *in vitro*, notamment des embryons somatiques ; les maladies virales au sein du germplasm ; les mécanismes de récalcitrance des graines à la conservation.

Le séminaire a débouché sur la définition de domaines et de projets de recherche d'intérêt commun. Parmi eux, la comparaison de différentes méthodes d'évaluation de la diversité génétique du cacaoyer et de la canne à sucre a été retenue.

Leur complémentarité dans le domaine des ressources génétiques a amené l'IBPGR d'une part, le CIRAD, l'INRA et l'ORSTOM d'autre part, à signer à Rome en décembre 1991 un accord cadre de coopération.



donnent le chocolat le plus fin, le plus recherché ; ce sont ceux qui avaient été domestiqués par les Mayas. Cependant, les Forastero, beaucoup plus robustes, se sont répandus partout dans le monde depuis un siècle. Les observations génétiques s'étaient jusqu'à présent concentrées sur ce groupe, et les analyses par électrophorèse d'isozymes avaient montré leur grande diversité.

Pour aller plus loin dans l'analyse de la variabilité génétique de l'espèce, une étude de l'ADN cytoplasmique de 150 clones appartenant aux divers groupes a été réalisée à l'aide de sondes cytoplasmiques hétérologues. Le groupe Criollo s'est révélé extrêmement diversifié. Ce résultat aura pour conséquence une attitude nouvelle des sélectionneurs vis-à-vis des Criollo, qui sont en voie de disparition alors qu'ils peuvent être la source d'une grande richesse génétique. On leur portera désormais une attention particulière, tant dans les prospections de matériel végétal que dans les programmes de sélection. Cette étude de diversité se poursuit avec des sondes nucléaires.

Les empreintes génétiques de l'hévéa

Pour identifier les clones cultivés, la méthode des empreintes génétiques a été mise au point pour l'hévéa. Au contraire de l'électrophorèse d'isozymes, qui doit être pratiquée sur des feuilles fraîches ou lyophilisées, elle permet l'analyse de matériel sec. Cette méthode utilise des sondes minisatellites humaines — qui sont en fait des séquences universelles d'ADN — répétées et hautement polymorphes. Ces sondes donnent des profils comportant de nombreuses bandes, qui représentent une véritable empreinte génétique de l'individu. (Ce sont elles qui sont employées en médecine légale, pour les recherches en criminalité ou en paternité.) Avec une seule sonde et une seule enzyme, 73 clones d'hévéa apparentés ont été identifiés, ce qui montre la puissance de cet outil, complémentaire de l'électrophorèse d'isozymes.

Les trois groupes de sorghos guinea

L'analyse de la variabilité génétique du sorgho, cofinancée par la CCE, est centrée sur les *Sorghum*

bicolor race guinea, les plus cultivés en Afrique de l'Ouest. L'analyse enzymatique sur 168 individus a montré que ces guinea se structurent en trois groupes. Un groupe d'Afrique de l'Ouest et centrale rassemble des sous-races gambicum et guineense. Un groupe d'Afrique australe et d'Asie (Inde, Népal) réunit des types *conspicuum* et *roxburghii*. Le troisième groupe ne correspond pas à une aire géographique mais à un type particulier, *margaritifera*, qui se caractérise par sa précocité, de petits grains très vitreux, des caractères d'épillets très évolués et des caractères végétatifs au contraire primitifs. En Afrique de l'Ouest, il est cultivé dans les zones les plus humides et consommé cuit à la manière du riz.

L'étude des distances génétiques calculées à partir des données enzymatiques et l'analyse morphophysiologique (réalisée au Burkina Faso) des sorghos guinea confirment cette structuration en trois groupes. On peut en conclure qu'il y a eu deux grands centres indépendants de domestication des sorghos guinea, l'un en Afrique de l'Ouest, l'autre en Afrique australe, les guinea indiens étant probablement originaires de cette dernière région. Quant à l'origine des *margaritifera*, elle reste à préciser.

Canne à sucre : l'apport d'une espèce sauvage

La base génétique des variétés cultivées de canne à sucre est très étroite. Elle ne repose que sur deux espèces, *Saccharum officinarum* et *S. spontaneum*. Pour examiner comment les deux espèces sont structurées et définir quelles sources de variabilité pourraient encore être exploitées, 50 clones sauvages de *S. spontaneum* ont été analysés à l'aide d'un ensemble de marqueurs moléculaires. Cet outil, constitué d'une trentaine de sondes nucléaires et cytoplasmiques hétérologues de maïs (espèce apparentée), s'est montré très puissant. On estime qu'il va permettre une structuration précise du genre *Saccharum*. C'est pourquoi l'étude se poursuit sur un grand nombre de clones.

La cartographie génétique de la canne à sucre a été entreprise en comparaison avec celle du maïs. Vingt-huit sondes de maïs ont été associées à six groupes

■ DES PRODUITS POUR LE DÉVELOPPEMENT

Un laboratoire portable

L'identification des clones d'hévéa par électrophorèse d'isozymes avait été mise au point par le laboratoire Biotrop. Pour en faire une technique utilisable dans les pays hévéicoles, un équipement mobile facilement transportable a été conçu. La technique elle-même a été simplifiée : il n'est ainsi plus nécessaire de disposer d'une centrifugeuse pour la mettre en œuvre. Ce « laboratoire portable », exemple d'adaptation à des conditions de terrain, a été mis à l'épreuve avec succès à deux reprises en 1991 en Côte-d'Ivoire. A l'Institut des forêts, l'identification a permis de déceler 5 % d'erreurs de conformité dans les jardins à bois d'un clone de grande diffusion. Compte tenu de l'effet d'amplification, de telles erreurs peuvent avoir des conséquences considérables, les collections étant la source de toutes les sélections et fournissant le matériel de base des planteurs. Dans une plantation industrielle, parmi les 31 clones analysés par sondage, 2 clones n'étaient pas conformes et 3 se sont révélés hétérogènes. Ce résultat pratique est d'un grand intérêt économique : le manque à gagner dû à ce type d'erreur peut être évalué à plusieurs centaines de milliers de francs par an pour une plantation moyenne.

Graines et boutures d'arbres

La plantation industrielle d'arbres fait de beaux progrès en Côte-d'Ivoire. Le verger à graines de 100 clones sélectionnés de teck, *Tectona grandis*, atteint son plein rendement. Les graines obtenues par pollinisation libre entre les clones permettent la plantation d'environ 700 à 1 000 hectares par an. Par ailleurs, en 1991, le bouturage industriel de 115 clones de samba, *Triplochiton scleroxylon*, sélectionnés et fournis par le CTFT a permis à la Sodefor de produire 280 000 boutures sous la forme d'une variété multiclonale. Avec *Gmelina arborea*, une opération semblable a conduit à la production de 250 000 boutures à partir d'une soixantaine d'arbres sélectionnés.

de liaison chez la canne à sucre. Cela montre que de grandes portions des génomes des deux espèces sont homéologues. Les connaissances acquises sur la génétique du maïs pourraient être transposées au cas de la canne à sucre.

Le marquage des chromosomes de *S. spontaneum* présents dans les variétés cultivées est réalisé pour étudier l'apport de cette espèce, et, à terme, le modifier. Comme la recombinaison à l'intérieur d'un chromosome semble très faible, le marquage peut se faire avec un petit nombre de sondes.

Marquage moléculaire du bananier

Pour créer une base de données sur la diversité du genre *Musa* et pour construire sa carte génétique, trois techniques de marquage moléculaire sont mises en œuvre : électrophorèse d'isozymes, polymorphisme de la longueur des fragments de restriction (RFLP), amplification aléatoire de séquences polymorphes d'ADN (RAPDs). La carte génétique comporte actuellement 32 marqueurs moléculaires, dont 20 définissent déjà six groupes de liaison. Elle donnera des clés pour mieux connaître les bases de la stérilité, due à des réarrangements chromosomiques au cours de l'évolution des bananiers. Elle permettra aussi d'étudier la ségrégation de caractères agronomiquement importants comme la résistance à *Mycosphaerella fijiensis*, agent de la cercosporiose noire.

La méthode de cytométrie en flux, qui consiste à extraire les noyaux cellulaires des feuilles et à les faire passer dans un champ électromagnétique, a été utilisée pour déterminer la taille du génome du bananier, laquelle s'est révélée comparable à celle d'autres plantes ayant un génome relativement petit comme la tomate ou le riz.

La structure du genre *Citrus*

L'IRFA a atteint en 1991 une bonne maîtrise de l'électrophorèse d'isozymes pour décrire la diversité intra et interspécifique du genre *Citrus*.

Par ailleurs, avec la technique RAPDs, on a pu différencier avec une grande précision les plantes issues



d'une fusion gamétique de celles provenant des tissus maternels du nucelle. Cette distinction est capitale pour la sélection de porte-greffe d'élite. La même technique s'est également montrée efficace pour l'identification variétale dans le groupe *Citrus*.

Appliquées à 29 variétés d'espèces différentes d'agrumes, 16 sondes nucléiques RFLP exprimant des séquences uniques ont permis de réaliser une analyse phylogénique, qui a révélé une structuration des *Citrus* en trois groupes : le groupe des mandariniers, celui des pamplemoussiers et le groupe, très étroit, des cédratiers.

La même technique a été appliquée, avec 40 sondes nucléiques, à la cartographie du génome des agrumes. Pour cette étude, six descendance hybrides de *Citrus* avaient été spécialement créées à San Giuliano, en Corse. L'étude de la ségrégation des caractères a montré diverses anomalies dans la transmission de certaines parties du génome, anomalies qui se traduisent par l'absence de certaines recombinaisons espérées. Ces observations sont du plus grand intérêt pour la stratégie de sélection variétale.

La méthode de cytométrie en flux apporte des compléments d'information intéressants sur le genre *Citrus*. Les plantes diploïdes ont des génomes de taille différente selon le groupe auquel elles appartiennent : le groupe des mandariniers a un génome plus petit que celui du groupe des cédratiers et les pamplemoussiers occupent une place intermédiaire. Outre la confirmation des résultats obtenus par analyse RFLP, cette étude suggère que les trois groupes seraient en voie de séparation en espèces distinctes. Elle explique également certaines anomalies de ségrégation chez les hybrides.

■ Création variétale

Les croisements distants

Une étude de croisements distants de riz a été réalisée à l'IRRI, dans le cadre d'une collaboration entre le CIRAD

et l'ORSTOM. Il s'agissait d'analyser l'introgression d'une espèce sauvage, *Oryza brachyantha*, dans l'espèce cultivée *O. sativa*. Le matériel utilisé, des descendance de premiers rétrocroisements, venait de l'IRRI. Les marqueurs moléculaires RFLP ont montré l'existence de recombinaisons très nombreuses malgré une faible fréquence d'appariements chromosomiques observables à la méiose par les techniques cytologiques habituelles. A l'occasion de ce travail, une méthode RFLP utilisant des sondes froides (non radioactives) a été mise au point pour le riz. Elle devrait intéresser particulièrement les laboratoires des pays en développement.

Les sorghos guinea d'Afrique de l'Ouest, qui ont un grain d'une excellente qualité, sont bien adaptés à la région et les agriculteurs y sont attachés. Des caractéristiques agronomiques conduisant à un potentiel de rendement plus élevé sont recherchées dans des sorghos de race kafir et caudatum. Or, les recombinaisons de caractéristiques complémentaires semblaient difficiles à obtenir. Pour discerner si cette difficulté était réelle et quelle pouvait en être l'origine, l'IRAT a croisé un sorgho kafir avec un guinea de chacun des trois groupes (Afrique de l'Ouest, Afrique australe et margaritifera). Les descendance F_1 ont eu une fertilité parfaite. Les F_2 ont montré que les 33 caractères morphologiques étudiés se recombinent très bien et de façon indépendante. Les génotypes confrontés sont compatibles. Les seules distorsions apparentes en F_2 , où l'on observe une forte fréquence de phénotypes guinea, doivent être attribuées à la richesse du groupe guinea en allèles dominants pour de nombreux caractères agronomiques et non à des phénomènes cytologiques. En outre, la population constituée par l'ensemble des F_2 restitue la totalité de la variabilité morphologique des guinea.

De cette étude menée au Burkina Faso, on tire des enseignements pratiques importants. Pour créer des lignées, les méthodes induisant un grand nombre de recombinaisons doivent être préférées et il faut observer le maximum d'individus dans les premières générations, de façon à augmenter la fréquence des recombinants récessifs. La constitution de populations à très large base génétique pour la sélection



récurrente peut se faire avec des géniteurs appartenant à des groupes distants.

Pour le maïs, l'idée de tropicaliser un très bon matériel tempéré américain mobilise Rhône-Poulenc et l'IRAT au Brésil, associés à la société semencière Callahan aux Etats-Unis. De ce matériel, on pense tirer trois caractères essentiels : la qualité des tiges, la précocité et la capacité de rendement. Réciproquement, un matériel tropical intéressant pour sa résistance à certaines maladies foliaires et à des virus pourrait améliorer le maïs tempéré. Les descendance des croisements sont travaillées alternativement en milieu tropical, à Campinas, et en milieu tempéré, à Indianapolis. Au Brésil, les résultats exceptionnels déjà obtenus pour les trois caractères recherchés conduiront dans trois ans à des hybrides d'un type tout à fait nouveau. Le seul point délicat auquel il faut encore veiller est l'introduction d'une faiblesse vis-à-vis des pathogènes. La société Callahan, pour sa part, a introduit certaines résistances dans ses programmes de sélection.

Sélection récurrente de plantes autogames

La sélection récurrente s'applique à des populations dont les individus s'intercroisent et consiste en l'alternance de cycles de sélection et de cycles de recombinaison. Elle aboutit à des populations améliorées pour les caractères à sélectionner. Ces populations peuvent être utilisées comme telles ou comme sources de lignées. En concentrant progressivement les gènes favorables, la sélection récurrente assure un progrès lent mais constant. Chez les plantes autogames, qui normalement ne s'intercroisent pas, il est opportun d'employer un système génique de stérilité mâle pour favoriser le brassage.

La sélection de variétés de riz comprend l'amélioration de nombreux caractères polygéniques comme la résistance à la sécheresse, au froid, à la pyriculariose. La sélection récurrente est donc indiquée. L'IRAT est l'un des pionniers de l'application de la méthode au riz, dans le cadre d'une coopération

avec l'EMBRAPA-CNPAF. La source de stérilité mâle a été fournie par l'IRRI. Aujourd'hui, 21 populations, dont 11 populations indica, 9 japonica et 1 indica x japonica, ont été obtenues pour diverses régions. En outre, 2 populations créées au Brésil sont à la disposition de la communauté scientifique internationale, CNA-IRAT 4 et CNA-IRAT 5.

CNA-IRAT 4 est une population indica destinée à la culture irriguée. Elle en est à son deuxième cycle de sélection et sert dans les travaux d'amélioration de deux instituts de recherche brésiliens. Elle a également été utilisée pour former deux sous-populations pour le programme des riz hybrides.

CNA-IRAT 5, population japonica, a été conçue pour la culture pluviale. Son deuxième cycle de sélection est en cours. Elle est utilisée pour la sélection multicaractère de lignées mieux adaptées à la culture pluviale au Brésil, comme source de stérilité mâle en Argentine, comme population de départ pour l'amélioration de la résistance polygénique à la pyriculariose au Brésil et en Côte-d'Ivoire.

Créée à Madagascar pour la riziculture irriguée en altitude, la population japonica CNA-IRAT 1 MD1 subit actuellement son premier cycle de sélection. Avec elle, ce sont les résistances au froid et aux maladies d'altitude qui sont recherchées.

Pour le sorgho, trois populations sont en cours de sélection récurrente. Elles utilisent toutes trois la même source de stérilité mâle, ms3. Au Burkina Faso, il s'agit d'un composite de lignées sélectionnées de différentes origines, qui en est à son deuxième cycle de sélection. Ce composite met à la disposition des sélectionneurs un matériel à partir duquel la probabilité d'extraire des lignées élites augmente à chaque cycle. Au Mali, deux populations travaillées indépendamment l'une de l'autre sont destinées à former une population source unique rassemblant des qualités complémentaires. La première est constituée d'écotypes locaux guinea, rustiques et au grain de bonne qualité. La seconde est formée de matériel caudatum ayant une bonne aptitude au rendement mais des grains de qualité médiocre du point de vue



des consommateurs. Une exploitation séparée des deux populations est également prévue, chacune pour ses caractéristiques propres.

Haplo méthodes et mutagenèse

Des haploïdes de bananiers ont été produits par l'IRFA selon deux méthodes, simultanément : par androgenèse en Guadeloupe et par gynogenèse induite par du pollen irradié au CATIE, au Costa Rica. Ces premiers résultats, confirmés sur un plus grand nombre de plantes en Guadeloupe, montrent tout l'intérêt de cette approche nouvelle pour l'amélioration génétique du bananier.

L'androgenèse est employée par l'IRAT pour fixer rapidement des lignées de riz destinées soit à la culture irriguée en milieu méditerranéen, soit à la culture pluviale tropicale. En 1991, 323 lignées haploïdes doublées, obtenues en Guadeloupe à partir de cinq croisements, ont été évaluées dans le sud de la France avec le Centre français du riz.

L'homogénéité a été aussi bonne qu'on l'attendait et 54 lignées adaptées aux régions méditerranéennes

ont été sélectionnées. L'haplo méthode était utilisée pour la première fois dans le programme de sélection de Camargue, dont les procédures vont être modifiées en conséquence. Pour la culture pluviale tropicale, les lignées haploïdes doublées de divers croisements, également obtenues en Guadeloupe, ont été introduites dans les programmes de sélection. Le croisement de IRAT 216 par IRAT 177, traité par haplodiploïdisation, a donné une variété inscrite au catalogue IRAT. Ce résultat confirme

l'intérêt de la méthode, qui fournit des lignées largement utilisées par les sélectionneurs d'Afrique de l'Ouest.

L'IRCC et l'Institut des forêts poursuivent, en Côte-d'Ivoire, leurs travaux sur l'obtention et l'utilisation des haploïdes de cacaoyer. Chez cette plante, on trouve des haploïdes parmi les fèves mises à germer ; leur nombre varie selon le génotype. Pour augmenter la fréquence de leur apparition et le nombre de génotypes donnant des haploïdes, l'IRCC traite le pollen par irradiation ; les observations cytologiques ont montré que les doses favorables se situent entre 50 et 100 grays. Par ailleurs, on a vérifié que les hybrides F_1 entre deux parents haploïdes doublés sont uniformes pour les caractères agronomiques les plus héréditaires.

Les mandariniers aspermes, c'est-à-dire sans pépins, ont pour origine des mutations naturelles. L'IRFA, souhaitant élargir les ressources pour ce caractère très recherché, crée des isomutants par irradiation de cals nucellaires. Les essais ont montré que les doses de rayonnement gamma doivent osciller entre 160 et 180 grays.

Création variétale en réseau

L'IRAT anime un programme de sélection variétale de riz pluviaux et inondés associant huit pays de la CORAF en Afrique de l'Ouest. Les programmes nationaux tirent largement parti de la mise en commun du matériel végétal et de la dynamique régionale qui s'est instaurée. En 1991, plusieurs pays ont pu mettre à leur actif des créations de qualité. En Côte-d'Ivoire, où la collaboration entre l'Institut des savanes et l'IRAT s'inscrit désormais dans le cadre de ce programme, 10 nouvelles variétés ont été inscrites au catalogue au cours de l'année. Le Togo a obtenu une nouvelle variété, le Bénin et le Burkina Faso, chacun deux variétés. Ce réseau montre la force d'une véritable synergie entre sélectionneurs.

Pour les pays d'Amérique centrale, l'IRCC a entrepris, dans le cadre du réseau Promecafé, un programme de création variétale de *Coffea arabica* par hybridation. Les hybrides obtenus seront sélectionnés pour le rendement et les résistances aux nématodes, à la rouille orangée et à l'antracnose des baies.

La Mission connaissance et amélioration des plantes

Chargé de mission

Jacques Meunier
Michel Jacquot, à partir
du 1^{er} mars 1992

Adjoint

Jacques Schwendiman

Comité scientifique

• Président

Yvette Dattée, GEVES

• Membres externes

André Charrier, ORSTOM
et ENSA Montpellier

Alain Deshayes, INRA

Yves Hervé, ENSA Rennes

• Membres internes

Un représentant
par département



■ Reproduction conforme par culture *in vitro*

Microbouturage et prolifération de méristèmes

L'adaptation de la technique de microbouturage de l'hévéa à 10 clones d'intérêt commercial et l'amélioration des coefficients de multiplication progressent rapidement, dans le cadre d'une convention associant l'IRCA et la Société de microbouturage de l'hévéa (SMH). Plus de 30 000 vitroplants, dont 3 000 du cultivar IRCA 18, ont été produits et expédiés, à titre expérimental, aux cellules d'acclimatation de Côte-d'Ivoire et du Gabon. Dans le second pays, la cellule a été mise en place en 1991 sur la plantation de la société Hévégab, et une équipe spécialisée a été formée.

Les essais de vitroplants de caféier *arabica* donnent, après quatre ans de production, d'excellents résultats. La conformité des plantes se confirme, et on peut considérer que le matériel issu de microbouturage donne toute satisfaction.

Le bananier est l'une des plantes de grande culture pour lesquelles la production de vitroplants à l'échelle industrielle se développe rapidement. Vitropic, filiale du CIRAD, doit faire face à une demande croissante. Pour y répondre, elle a produit plus de un million de vitroplants en 1991, diffusés essentiellement dans des plantations d'Amérique latine et d'Afrique. Une seule difficulté doit être surmontée, l'apparition de variants. Une stratégie de production industrielle permettant de diminuer les risques ainsi qu'une méthode d'élimination des variants à un stade précoce ont été développées par l'IRFA, qui poursuit leur mise au point.

Embryogenèse somatique

Le procédé de multiplication végétative du palmier à huile par embryogenèse somatique en milieu solide a été appliqué à une échelle préindustrielle : plus de un million de vitroplants ont été produits pour la Côte-d'Ivoire, la Malaisie, l'Indonésie. L'observation

des plantations fournit des informations précieuses pour porter la méthode au maximum de son potentiel. Tous les individus de la majorité des clones sont parfaitement normaux. Un marqueur précoce de conformité est recherché pour les quelques clones qui manifestent des variations.

Pour diminuer les coûts de production, augmenter les taux de prolifération, synchroniser la production d'embryons bien individualisés et améliorer encore la qualité des vitroplants commercialisés, l'embryogenèse somatique en milieu liquide agité a été réussie sur six clones. La vérification de la conformité en plantation est en cours en Côte-d'Ivoire.

Ces travaux sont le fruit de collaborations entre l'ORSTOM, l'IRHO et plusieurs laboratoires universitaires, de même qu'avec des planteurs. Les recherches en vitroculture pour la production industrielle du palmier à huile ont bien avancé. Elles servent de modèle pour d'autres plantes.

Pour le cocotier, une étape importante a été franchie dans la mise au point du procédé de multiplication par embryogenèse somatique. Des embryons et des plantules de cinq génotypes ont été obtenus de façon reproductible. Après la maîtrise de la phase de régénération, on travaille à la multiplication des embryons en vue d'une production de masse.

Les travaux de l'IRCA sur l'embryogenèse somatique de l'hévéa ont conduit à une progression significative des connaissances relatives au métabolisme de l'eau et des régulateurs de croissance endogènes en relation avec la nutrition minérale et carbonée. L'obtention des embryons somatiques et leur germination, de même que l'entretien de la capacité embryogène au fil des cultures, ont ainsi été améliorés. Sur ce dernier point, l'influence du génotype et des conditions de culture sur la friabilité des cals a été précisée. Une relation entre le génotype et la composition du milieu (en particulier la teneur en calcium) a été mise en évidence vis-à-vis de l'origine uni ou pluricellulaire des embryons somatiques.

Pour le caféier, des recherches sur l'embryogenèse somatique à partir d'explants foliaires sont en cours pour *Coffea arabica* et *C. canephora*. Des cals de ce type

sont très intéressants parce qu'ils peuvent être placés en milieu liquide, soit pour une production de masse d'embryons somatiques, soit en vue d'une transformation génétique. Avec *C. canephora*, on obtient des cals embryogènes à haute fréquence, c'est-à-dire très prolifiques. Avec *C. arabica*, certaines variétés donnent le même type de cal embryogène, d'où l'on extrait des protoplastes qui évoluent jusqu'à des microcals. Mais d'autres variétés ne produisent pas de cals embryogènes. On cherche à comprendre quels mécanismes empêchent cette production à l'échelle de la plante ou de la cellule.

Des ovules de mandarinier récoltés trois semaines après la floraison sont cultivés sur un milieu solide. Une bonne gestion de leurs potentialités callogènes ou embryogènes est désormais acquise. Les premières sont utilisées pour alimenter une vitrothèque, qui contient actuellement 25 lignées stabilisées sous forme de cals. Les secondes sont exploitées en milieu liquide en vue de la production commerciale de porte-greffe conformes.

Des embryons somatiques de cacaoyer ont été obtenus pour la première fois, par l'IRCC, à partir de pétales.

Chez le bananier, des raisons techniques ont conduit à mettre au point l'embryogenèse somatique d'abord sur des génotypes (diploïdes séminifères, Bluggoe) éloignés des cultivars les plus intéressants. La maîtrise s'étend désormais à des génotypes plus proches. Ainsi, les premiers embryons somatiques des sous-groupes Cavendish (Grande Naine notamment) et plantain (cultivar Curaré) ont été obtenus à Montpellier, et au Costa Rica dans le cadre du CATIE. Après germination, certains embryons somatiques ont évolué en plantules acclimatées en serre. La triploïdie de ces dernières a été vérifiée par cytométrie en flux.

■ Transformations génétiques

Les programmes de transformation génétique du CIRAD sont actuellement conduits sur un nombre limité d'espèces. Diverses techniques sont expérimentées : utilisation d'*Agrobacterium tumefaciens* comme vecteur,

■ DES PRODUITS POUR LE DÉVELOPPEMENT

L'adoption des variétés de riz

En Afrique tropicale, après 30 ans de coopération, les surfaces cultivées en variétés IRAT avoisinent 50 000 hectares, soit approximativement 5 % des superficies ensemencées en riz pluvial. Au Brésil, où la coopération ne date que d'une dizaine d'années, 900 000 hectares sont semés en variétés issues du travail EMBRAPA-CNPAF-IRAT, ce qui correspond à 20 % des superficies brésiliennes de riz pluvial. Rio Verde (IRAT 216), la variété la plus récente, a déjà conquis 50 000 hectares.

Les variétés IRAT 112, IRAT 144, IRAT 216, et d'autres, sont des variétés modernes de riz pluvial. Elles ont une productivité en grande culture de l'ordre de 4 à 5 tonnes de paddy à l'hectare et se distinguent par une large adaptabilité. D'autres variétés ont des adaptations plus spécifiques ; c'est le cas de IRAT 351, qui est réservée aux régions d'altitude. Le fait que ces variétés soient beaucoup plus rapidement adoptées dans un pays comme le Brésil que dans les pays d'Afrique tropicale, alors que le matériel végétal est de qualité égale, montre à quel point le passage des produits de la recherche dans le milieu paysan dépend du dynamisme du développement agricole.

Des agrumes garantis sains

La station des agrumes INRA-IRFA de San Giuliano, en Corse, est devenue en 1991 l'un des cinq centres mondiaux reconnus par l'IBPGR pour la diffusion de matériel végétal certifié indemne de maladies de dégénérescence. Elle a livré 400 000 yeux de cultivars d'élite de mandariniers, d'orangers, de pamplemoussiers, de citronniers et de limettiers.



biolistique, électroporation. Pour ces deux dernières, l'unité de recherche Biotrop s'est dotée en 1991 d'un canon à particules et d'un électroporateur.

C'est dans l'optique de la régénération *in vitro* du matériel transformé que se déroulent les recherches sur l'embryogenèse somatique du bananier, pour lequel des suspensions cellulaires ont été établies, préambule à une transformation par le gène de résistance à la mosaïque du concombre (CMV), maladie virale qui affecte particulièrement les plantains.

La transformation génétique du caféier *arabica* a pour but de lui conférer une résistance aux mineuses des feuilles et aux chenilles défoliatrices d'*Epicampoptera* sp. La première phase, l'obtention de protoplastes à partir de cals ou de suspensions cellulaires, ne pose plus de problèmes ; on sait les faire évoluer jusqu'au stade de microcals.

Pour la transformation génétique proprement dite, les premiers traitements d'électroporation ont entraîné une mortalité considérable des protoplastes ; une phase de mise au point est donc indispensable. Le canon à particules a également été testé, avec des premiers succès sur des explants foliaires et sur des suspensions embryogènes. Par ailleurs, le potentiel de gènes de *Bacillus thuringiensis* codant pour des toxines insecticides a été évalué. Parmi une dizaine de toxines testées au laboratoire, trois se sont révélées efficaces vis-à-vis de la mineuse des feuilles.

Les travaux sur le riz ont progressé en 1991 de telle sorte que plus rien ne s'oppose à la transformation génétique de cette plante. Les suspensions cellulaires établies à partir de cals d'embryons et de microspores d'anthers, les protoplastes, la régénération d'embryons (avec une fréquence de 0,6 %) puis de plantules (avec 50 % de réussite), toutes ces étapes sont maîtrisées en routine par l'IRAT. Ces travaux ont été réalisés sur trois variétés japonica employées couramment en sélection, dont une pluviale tropicale, IRAT 177, et deux méditerranéennes, Pygmalion et Miara. Cette dernière a donné 750 plantes qui ont fleuri normalement en serre. La diploïdie des plantules est vérifiée par cytométrie en flux. Le transfert d'un gène de *Bacillus thuringiensis* codant pour une endotoxine

efficace contre les insectes foreurs des tiges est en cours. De même, le transfert de cytoplasmes mâles stériles pour obtenir des riz hybrides est réalisé en collaboration avec l'université de Nottingham (Grande-Bretagne).

L'introduction dans le cotonnier du même gène de l'endotoxine implique le vecteur *Agrobacterium tumefaciens*. En association avec l'INRA, l'IRCT a trouvé une souche de *A. tumefaciens* particulièrement active, défini les conditions de coculture du vecteur et des cals embryogènes et mis au point un test de l'efficacité du transfert. L'élimination du vecteur lorsqu'il a rempli son office, soit à l'aide de kanamycine, soit par un herbicide, est en cours d'étude.

■ L'évaluation variétale en réseau

Réseaux africains et méditerranéen du riz

Les sélectionneurs de riz de l'IRAT sont impliqués dans plusieurs réseaux d'évaluation des créations variétales.

Le réseau de la CORAF, auquel le CIRAD est associé, a mis au point en 1991 des dispositifs statistiques d'évaluation et des descripteurs communs, de façon à faciliter les interprétations regroupées des essais des 15 pays partenaires. Ces dispositions, déjà opérationnelles dans plusieurs pays, permettront de mieux apprécier la stabilité du rendement des variétés et d'identifier à quel niveau d'intensification culturale chacune d'entre elles est destinée.

L'IRAT participe au réseau africain de l'INGER, l'un des réseaux formés pour le riz par les centres internationaux de recherche agricole. Il fait évaluer au fur et à mesure les variétés qu'il crée par tous les autres membres du réseau, c'est-à-dire la plupart des pays rizicoles d'Afrique, et réalise des essais en Côte-d'Ivoire, en Guinée et au Mali. En 1991, parmi les meilleures variétés pour la culture pluviale identifiées par INGER figurent cinq variétés IRAT : IRAT 161 et IRAT 170, de cycle moyen ; IRAT 144, IRAT 262 et IRAT 268, de cycle court.



Un réseau riz rassemble depuis 1990, à l'initiative de la FAO, les pays rizicoles du pourtour méditerranéen et de l'Europe de l'Est. Une expérimentation commune a été mise en place en 1991 pour tester dans les conditions propres à chaque pays un échantillon composé de 24 variétés cultivées et de 36 géniteurs potentiels. L'IRAT participe à cette opération dans le cadre du Centre français du riz.

Stabilité des variétés de maïs

En ce qui concerne le maïs, le réseau multilocal de l'IRAT avait mis en essai en 1989 et 1990 dans 17 pays (55 sites) d'Amérique latine, d'Afrique occidentale et centrale, de l'océan Indien et d'Océanie, 15 hybrides créés par l'IRAT au Burkina Faso et en coopération avec Rhône-Poulenc au Brésil. En 1991, le bilan de ces essais montre que, comparés aux meilleurs hybrides d'autres obtenteurs, certains créés au Brésil se comportent partout très bien, en particulier IRAT 354 (nommé IR 30 au Brésil), déjà commercialisé.

Une analyse statistique originale de la stabilité du rendement comportant une pondération des résultats des essais fournit une estimation plus fiable des paramètres de la stabilité. Certaines variétés, comme IRAT 354, se révèlent exceptionnellement stables. D'autres, malgré un potentiel de rendement élevé, doivent être réservées à des conditions de culture bien définies. C'est le cas de IRAT 355.

Les sorghos en Afrique

L'IRAT place ses nouvelles lignées de sorgho dans le réseau SAFGRAD d'essais de tri préliminaire de variétés pour le rendement, la résistance au *Striga* et le comportement phytopathologique, auquel participent 17 pays d'Afrique de l'Ouest et du Centre.

L'Institut du Sahel, pour sa part, reprend les meilleures variétés et les fait entrer dans un sous-réseau d'essais en milieu paysan dans sept pays. En 1991, l'une des variétés proposée aux agriculteurs est CE 180-33, coobtenue de l'ISRA et de l'IRAT. Elle est précoce et résistante à la sécheresse.

■ DES PRODUITS POUR LE DÉVELOPPEMENT

Les eucalyptus en plantation industrielle

Au Congo, les nouveaux clones d'eucalyptus pour la plantation industrielle sont maintenant diffusés et testés en vraie grandeur. C'est le cas des premiers clones sélectionnés à partir des croisements d'Eucalyptus urophylla par E. grandis et d'E. urophylla par E. pellita. Leur production dépassera probablement d'au moins 30 % celle des variétés actuelles.

Les agrumes sous les tropiques

Les agrumes de la station INRA-IRFA de Corse sont destinés à la culture en climat méditerranéen. Leur transfert sous d'autres climats, dans des vergers familiaux, demande des essais d'évaluation.

A la Martinique, 8 cultivars de mandariniers, de pomelos, de limettiers et hybrides de mandarinier et d'oranger ont été sélectionnés pour le climat tropical d'alizé après une étude de comportement incluant 160 cultivars. A la Réunion, où le climat est comparable, 150 cultivars sont testés sous une importante pression parasitaire. Une dizaine est déjà exploitée par les paysans. Parmi eux, le mandarinier Beauty, le tangelo (hybride de mandarinier et de pomelo) Orlando et le tangor (hybride de mandarinier et d'oranger) Ortanique donnent de très bons résultats et résistent aux maladies sévissant dans l'île. En Nouvelle-Calédonie, la collection de 150 cultivars n'est entrée en production qu'en 1991 ; il faudra attendre trois ou quatre campagnes pour discerner lesquels d'entre eux peuvent être recommandés dans le Pacifique sud.

Pour les régions soudano-sahéliennes, où l'objectif est l'amélioration de la couverture vitaminique des populations, des essais sont réalisés dans le nord



de la Côte-d'Ivoire et du Cameroun. On y cherche des cultivars assez sucrés et peu acides, convenant à la consommation familiale et aux marchés ruraux et urbains. Sur une collection de 120 cultivars, une dizaine de mandariniers, d'orangers et d'hybrides de mandarinier et d'oranger sont en sélection finale. Très appréciés des villageois pour leur goût, leur productivité et la rémunération qu'ils apportent, ils occupent déjà certains vergers.

Evaluation des clones de palmier à huile

Les 40 premiers clones de palmier à huile créés par embryogenèse somatique par l'ORSTOM et l'IRHO ont été mis en plantation sur une centaine d'hectares à partir de 1984 en Côte-d'Ivoire, en Indonésie et en Malaisie. Les premiers résultats obtenus avec 14 clones de palmiers âgés de trois à six ans

issus de culture *in vitro* indiquent un accroissement de la productivité en huile de 11 % en moyenne — 25 % pour les 4 meilleurs clones — par rapport à des palmiers issus de semences commerciales. Ce progrès se confirme sur les 2 500 hectares actuellement plantés dans le monde en clones venant de vitroculture.

Ces essais fournissent en outre de précieuses indications sur l'hérédité de certains caractères. On peut, sur du matériel sortant de culture *in vitro*, séparer les effets liés à l'environnement de ceux liés au génotype. L'hérédité de la production des régimes et celle du taux d'extraction d'huile sont plus élevées qu'on ne le pensait. Il n'y a pas d'antagonisme entre ces deux caractères, de sorte que tout progrès génétique obtenu sur l'un des deux se traduit pleinement dans la production d'huile.

▼ Les thèses soutenues en 1991

Variabilité des descendance de trois croisements de riz (*Oryza sativa* L.) fixées par haplodiploïdisation et par filiation unipare, par Brigitte Courtois, Ecole nationale supérieure agronomique, Montpellier. Département IRAT.

Mise en œuvre d'une méthode de marquage non radioactif de l'ADN pour l'étude des RFLP chez le riz : cartographie du génome et suivi des introgressions entre *Oryza sativa* et *O. brachyantha*, par Olivier Panaud (France), université Paris XI, centre d'Orsay. Accueil IRRI, ORSTOM, CIRAD (département IRAT).

Contribution à la recherche d'haploïdes de *Sorghum bicolor* (L.) Moench par gynogenèse in situ après croisement intergénérique, pollinisation avec du pollen irradié et par androgenèse in vitro, par Aurélio A. Virgo-Brown (Panama), université des sciences et techniques du Languedoc, Montpellier II. Accueil CIRAD : département IRAT.

Maturation et sénescence de l'ananas (*Ananas comosus* [L.] Merr.) en Côte-d'Ivoire, par Alain Soler, université des sciences et techniques du Languedoc, Montpellier II. Département IRFA.

Contribution à l'étude de l'origine, la domestication et la dispersion de l'espèce *Gossypium barbadense* L. : polymorphisme enzymatique, morphologique et agronomique des populations sauvages, spontanées et cultivées, par Juan Lazo Alvarez (Pérou), université Paris XI, centre d'Orsay. Accueil CIRAD : département IRCT.

Micropropagation du palmier à huile (*Elaeis guineensis* Jacq.) en milieu liquide, par Blandine de Touchet (France), université Paris XI, centre d'Orsay. Accueil ORSTOM, CIRAD (département IRHO).

Connaissance de la morphogenèse du palmier dattier (*Phoenix dactylifera* L.). Etude in situ et in vitro du développement morphogénétique des appareils végétatif et reproducteur, par Nadia Bouguedoura-Keddad (Algérie), université des sciences et de la technologie Houari Boumediene, Alger. Accueil CIRAD : département GERDAT.

Influence des caractéristiques de l'atmosphère (gaz carbonique, éthylène, eau) et de la disponibilité en eau du milieu sur les cultures in vitro d'*Hevea brasiliensis*, par Eric Auboiron (France), université



des sciences et techniques du Languedoc, Montpellier II. Accueil CIRAD : département IRCA.

Recherche de marqueurs de la juvénilité-maturité et de la réactivité in vitro lors du microbouturage chez Hevea brasiliensis. Relation entre la juvénilité et la réactivité in vitro, par Valérie Haffner (France), université Paris VI. Accueil CIRAD : département IRCA.

Etude des relations entre la teneur en sucres du latex et la production. Approche des mécanismes du chargement en saccharose des laticifères d'Hevea brasiliensis Muell. Arg., par Régis Lacrotte, université des sciences et techniques du Languedoc, Montpellier II. Département IRCA.

Facteurs de la fructification chez le cacaoyer (Theobroma cacao L.). Influence sur le nombre de graines par fruit, par Philippe Lachenaud, Institut national agronomique, Paris-Grignon. Département IRCC.

Contribution à l'étude de l'embryogenèse somatique chez le cacaoyer (Theobroma cacao L.), par Philippe Chatelet (France), université Paris XI, centre d'Orsay. Accueil CIRAD : département IRCC.

Diversité génétique de Frankia, symbiote de Casuarina equisetifolia L. Johnson en Afrique de l'Ouest (Sénégal et Gambie), par Laurent Maggia (France), université Paris VII. Accueil ORSTOM, CIRAD (département CTFT).

PROTECTION DES CULTURES

La lutte intégrée devient une stratégie mondiale. Elle veut, par un ensemble de moyens complémentaires, maintenir les pertes causées par les ravageurs et les parasites des cultures dans des limites économiquement acceptables. Ce faisant, elle veut aussi diminuer l'emploi des pesticides pour respecter l'environnement. Les travaux du CIRAD s'inscrivent parfaitement dans la perspective de la déclaration de politique générale des institutions de recherche internationales de 1991, aboutissement d'importantes consultations scientifiques. De ses alliances avec de nombreux partenaires émergent de nouvelles approches de la lutte intégrée. La connaissance des populations de parasites et de ravageurs s'affine. Les méthodes se marient pour protéger spécifiquement chaque agrosystème. Des stratégies naissent pour mettre à la disposition des pays tropicaux une lutte efficace, peu onéreuse et « propre ».



■ Diagnostic et diversité

L'opération canopée

Le CIRAD, qui avait participé à la première expédition du Radeau des cimes en Guyane en 1989, était au rendez-vous de la deuxième, qui s'est déroulée dans le sud-ouest du Cameroun d'octobre à décembre 1991 et a rassemblé des chercheurs de 13 pays. L'opération, coordonnée par l'université Montpellier II et parrainée par la fondation Elf, avait pour objectif général d'étudier la biologie de la canopée d'une forêt tropicale humide. Le laboratoire de malherbologie du CIRAD, pour sa part, devait mettre au point des méthodes d'échantillonnage de la faune et de la flore du milieu forestier.

Pour l'étude de l'abondance et de la stratification verticale de la faune entomologique, 117 mètres carrés de feuilles ont été prélevés au sol et sur la canopée. L'un des résultats fait apparaître un paradoxe.

Bien que l'on trouve sur la canopée trois fois plus d'insectes, majoritairement phyllophages, les feuilles y sont moins attaquées qu'au sol (entre 2,5 % et 5,5 %, contre 10 %). Deux explications, qui demandent à être confirmées à l'occasion d'autres expéditions, peuvent être avancées : les fourmis joueraient un rôle protecteur important, et le feuillage se renouvellerait plus rapidement au sommet des arbres.

Les piégeages d'insectes réalisés dans le même objectif ont pour l'instant donné un résultat méthodologique : la quantité et la diversité des insectes recueillis au piège

amélioré sont de 5 à 10 fois plus importantes qu'au piège classique. L'exploitation des 10 000 spécimens rapportés demandera naturellement de longues études.

En botanique, 1 000 images de feuilles et de sections de tiges ont été prises à l'aide d'un scanner. Elles sont intégrées aux systèmes experts d'aide à la reconnaissance des plantes Pantrop et Aflane.

Enfin, le savoir-faire du CIRAD lui a valu d'assurer l'appui en informatique scientifique de l'ensemble de l'opération canopée.

Acridologie et télédétection spatiale

La prévention antiacridienne demeure une préoccupation majeure pour les pays sahéliens. Dans ce domaine, la télédétection spatiale peut constituer un moyen de surveillance très efficace, à condition d'en confronter les informations à la « vérité de terrain ». En 1991, l'imagerie satellitaire (Landsat, Météosat, NOAA, SPOT) de la végétation de saison sèche a été étalonnée sur une zone de 300 kilomètres carrés du Tamesna, dans le nord du Niger : 80 heures d'hélicoptère, 30 heures d'avion, 6 000 kilomètres de piste ont permis de réaliser 800 photos aériennes et 300 relevés de terrain, qui sont en cours de comparaison avec les données satellitaires. Cette opération, menée par une équipe du Prifas avec l'appui du BDPA, a été financée par le ministère de la Coopération et du Développement.

Champignons parasites : analyse des populations

L'analyse des populations de *Phytophthora*, champignon parasite de plantes tropicales pérennes comme



le cocotier et le cacaoyer, devient nécessaire aussi bien pour la sélection de variétés résistantes que pour la mise au point de traitements chimiques. Alors que, récemment encore, on ne mettait en cause que *P. palmivora*, on sait maintenant que plusieurs espèces peuvent être incriminées et qu'une large variabilité est observée à l'intérieur de chacune d'elles. L'analyse du génome des *Phytophthora* par la technique des profils isoenzymatiques et par l'analyse du polymorphisme de la longueur des fragments de restriction (RFLP) apporte des informations sur l'origine et la parenté des espèces et précise la taxonomie.

Les profils isoenzymatiques réalisés par l'IRHO et l'IRCC ont mis en évidence trois espèces nouvelles sur le cocotier, *P. arecae*, *P. nicotianae* var. *parasitica* et *P. katsurae*, et trois autres sur le cacaoyer, *P. megakarya* (constituée de trois populations), *P. capsici* et *P. citrophthora*. Ces deux dernières ont des caractères morphologiques fluctuants, qui les rendent parfois difficiles à distinguer l'une de l'autre. *P. citrophthora* ne se rencontre qu'en Amérique latine. Ces résultats ont été confirmés par analyse RFLP.

Des études de même nature ont été réalisées sur d'autres champignons parasites.

Pour mieux analyser la grande diversité de *Mycosphaerella fijiensis*, champignon des bananiers et des plantains responsable de la cercosporiose, l'IRFA a créé une banque génomique à partir d'un isolat de référence. Cette banque est constituée de larges fragments d'ADN. Un grand nombre de sondes correspondant à des séquences uniques ont été isolées. Elles permettront d'obtenir rapidement des informations sur la structure des populations. L'ADN mitochondrial de l'isolat de référence a été purifié récemment en vue d'identifier des marqueurs complémentaires.

Pour *Fusarium oxysporum*, champignon parasite du palmier à huile, une sonde homologue donne une « empreinte génétique », qui permet à l'IRHO

de distinguer la forme spéciale *elaeidis*, et, à l'intérieur de cette forme, quatre groupes africains et un sud-américain, apparenté à l'un des groupes africains.

Chez *Magnaporthe grisea*, par analyse RFLP, on a pu différencier les souches pathogènes du riz de celles venant d'autres graminées. Cela démontre une spécialisation parasitaire. Le polymorphisme de la population africaine parasite du riz est en cours d'analyse par des sondes moléculaires. Ces résultats, de même que ceux obtenus sur *Fusarium*, sont le fruit d'une collaboration entre l'IRAT et l'université Paris XI.

Génome des virus et variabilité

Le *clump* de l'arachide se manifeste habituellement par un rabougrissement. Or, à la suite de prospections dans plusieurs pays d'Afrique, l'IRHO a pu mettre en évidence la présence de particules virales en bâtonnets, identiques à celles du *clump* sur des plants d'arachide montrant des symptômes différents. Était-on ou non en présence de la même maladie ?

Dans un premier temps, des tests d'indexation visuelle sur des plants de *Chenopodium amaranticolor* inoculés ont également produit des symptômes variables.

Des tests sérologiques (Elisa), utilisant des anticorps monoclonaux et polyclonaux, pratiqués sur 44 isolats ont permis d'identifier cinq groupes réagissant différemment, correspondant à des sérogroupes du virus du *clump*. Cela signifie que l'on est bien en présence de la même maladie ; mais cette maladie, que l'on croyait facilement identifiable, s'exprime sous des formes très variables.

Cependant, les tests sérologiques ne sont pas toujours probants. C'est pourquoi l'étude du génome du virus a été entreprise. Deux ARN de taille différente, exprimant une variabilité, ont été mis en évidence. Certaines souches ont un ARN incomplet. Des sondes cADN et cARN (ADN ou ARN complémentaire) ont été construites de manière à tester les homologies de séquences entre tous les isolats.

Une collaboration entre l'INRA et l'IRCC a abouti à un progrès important pour l'étude du virus du *swollen shoot* du cacaoyer. On a montré que le génome du virus est composé d'ADN et qu'il appartient au groupe des badnavirus. Son séquençage est en cours de réalisation. L'amplification de séquence (PCR) pourra ensuite être appliquée à l'épidémiologie et à la sélection de cacaoyers résistants.

Biomodèle du criquet pèlerin

Le projet de biomodélisation du criquet pèlerin, *Schistocerca gregaria*, est soutenu financièrement par le Fonds européen de développement et le ministère de la Coopération et du Développement. Le Prifas ambitionne de mettre au point un outil explicatif utile aux quelque 60 pays concernés par les pullulations de cet acridien, le modèle SGR. En 1991, des tests de validation ont été pratiqués sur la période 1985-1990. Pour cela, on a utilisé les données du Centre européen de prévision météorologique à moyen terme, avec l'assistance de Météo France, et les signalisations acridiennes rapportées par la FAO. On considère que ces dernières reflètent la « vérité de terrain ». On observe une concordance de 80 % en saison chaude et de 68 % en saison fraîche entre les prévisions du modèle SGR et les signalisations de la FAO.

Systèmes experts et diagnostic

Pour aider les sociétés de développement et les groupements de producteurs à diagnostiquer l'origine des anomalies rencontrées dans les champs de cotonnier et d'ananas, deux systèmes experts, Diacot et Diana, ont été conçus par l'IRCT et l'IRFA. La base de connaissance de chaque système, reflet du savoir des spécialistes, inclut des données phytopathologiques, entomologiques et agronomiques. Le diagnostic se fait sur les symptômes et leur association. Dans certains cas, plusieurs diagnostics sont proposés à l'utilisateur, chacun d'eux étant assorti d'un coefficient de vraisemblance.

■ COOPÉRATION INTERNATIONALE

L'ICRISAT et le CIRAD travaillent sur des maladies de l'arachide

Les possibilités offertes par le centre de Montpellier pour l'analyse de la variabilité de différents pathogènes favorisent la réalisation de projets communs ICRISAT-CIRAD. Accueilli par le laboratoire CIRAD-ORSTOM de phytovirologie des régions chaudes, un chercheur de l'ICRISAT étudie la variabilité du virus du clump. Pour comparer la pathogénie du champignon responsable de la cercosporiose hâtive de l'arachide, Cercospora arachidicola, dans les régions du monde où il sévit, des isolats ont été regroupés à Montpellier. Ils sont testés sur plusieurs variétés d'arachide afin de déceler d'éventuelles interactions hôte-parasite.

Le CIRAD participe au réseau africain de phytovirologie

Devant le désir des chercheurs africains de se structurer pour associer leurs efforts et partager leurs résultats dans le domaine de la protection des cultures, le Conseil phytosanitaire africain, émanation de l'OUA, a organisé une première réunion de virologues. Huit chercheurs africains et un chercheur du CIRAD, rassemblés en août 1991 à Yaoundé, ont jeté les bases du Réseau africain de phytovirologie (RAVI), dont le secrétariat général s'est installé au Congo.

La CCE finance des réunions internationales

Deux séminaires internationaux ont été organisés en 1991 par le CIRAD dans le cadre de projets financés par la CCE, l'un sur la fusariose du palmier à huile, l'autre sur les Phytophthora du cocotier. Y ont participé des spécialistes anglais, belges, espagnols, français, indonésiens, ivoiriens, nigériens, philippins.



Diacot (qui comporte 480 règles) travaille surtout sur le plant de cotonnier, alors que Diana (200 règles) a une approche plutôt parcellaire, où l'on considère une population d'ananas. Cependant, si dans chaque cas une approche est privilégiée, l'autre n'est pas pour autant exclue.

Diacot a été validé en situation réelle, avec des vulgarisateurs togolais : les diagnostics proposés par le système ont été comparés à ceux d'un spécialiste. Dans 82 % des cas, les réponses sont identiques ; pour 9 % des anomalies rencontrées, le spécialiste était lui-même dans l'incapacité de porter un diagnostic ; restent 9 % de mauvaises réponses, peut-être liées à une formulation inadéquate des questions. Globalement, Diacot apparaît comme un bon système. Pour le rendre plus convivial, certaines questions vont être simplifiées et des images — très appréciées des utilisateurs — seront ajoutées. On envisage également de le compléter par des recommandations d'intervention. Diana sera validé selon la même procédure.

Diacot et Diana pourront être utilisés sur le terrain dès 1992 comme outils d'aide au diagnostic et en accompagnement pour des formations.

■ Pluralité des techniques de lutte

Détection des viroïdes des agrumes

Parmi les 12 viroïdes des agrumes actuellement identifiés, 3 sont responsables de maladies importantes répandues dans le monde entier, l'exocortis et la cachexie-xyloporose.

La station INRA-IRFA de San Giuliano, en Corse, qui produit de grandes quantités de matériel végétal à destination de tout le pourtour méditerranéen, de l'Amérique latine et même de la Chine, doit s'assurer de l'absence de pathogènes et particulièrement de viroïdes dans ses livraisons. Jusqu'à une époque

encore récente, la vérification de l'état sanitaire (ou indexation) était réalisée par observation des symptômes sur des plantes indicatrices, ce qui exigeait des délais de l'ordre de un à deux ans. D'autres méthodes d'indexation sont maintenant employées.

L'une d'entre elles, la détection des viroïdes des agrumes par électrophorèses successives, se révèle fiable et performante ; de plus, elle procure un gain de temps de six mois. Cette méthode établit la présence ou l'absence de viroïdes, toute contamination excluant le matériel testé. Le protocole en est le suivant : un fragment d'écorce prélevé sur la plante issue de culture *in vitro* est greffé sur un cédratier Etrog, plante très sensible, dans laquelle les viroïdes se multiplient rapidement ; six mois après, une fraction d'acide nucléique extraite de jeunes pousses est soumise à des électrophorèses successives, qui révèlent la forme circulaire des viroïdes. Ce test, qui permet de déceler des quantités de viroïdes de l'ordre du nanogramme, est désormais utilisé en routine en Corse. On cherche maintenant à réduire la durée de multiplication dans le cédratier.

Lutte chimique : définir les seuils d'intervention

La présence d'un champignon pathogène dans une région ou une plantation ne signifie pas nécessairement qu'un traitement s'impose. C'est ce que l'on a encore pu constater dans le sud-est du Mexique, où les craintes manifestées par les caféiculteurs devant une épidémie de rouille orangée — maladie causée par *Hemileia vastatrix* — dans des plantations en cours de modernisation se sont révélées peu fondées.

Une saison sèche marquée s'établissant après la cueillette, les feuilles malades tombent, l'inoculum se retrouve en très faible quantité au début de chaque campagne et la maladie ne prend sa forme épidémique que tardivement. Elle affecte peu la production. Cette étude de l'IRCC a évité des interventions chimiques inutiles et apporté des informations sur la progression de la maladie sur la plante ; elle a été aussi l'occasion d'un travail méthodologique.



Des études épidémiologiques similaires sont en cours au Guatemala et au Costa Rica, en coopération avec Promecafé, Anacafé et Icafé, ainsi qu'en Papouasie-Nouvelle-Guinée, avec le PNG Coffee Research Institute. Dans chaque cas, il s'agit de faire le point sur l'importance réelle de la maladie et sur les pertes qu'elle cause, afin d'être en mesure de recommander ou de déconseiller des interventions chimiques, toujours coûteuses, contraignantes et qu'il ne faut effectuer qu'à bon escient.

Des études de physiologie végétale sont réalisées avec le Centre d'études nucléaires de Cadarache, pour préciser les relations entre le caféier et *H. vastatrix*. Des interactions entre la rouille orangée, l'intensité lumineuse et les stress nutritionnels, en particulier le manque d'azote, ont été mises en évidence.

La méthode de lutte chimique contre la pourriture brune des cabosses de cacaoyer, qui consiste à injecter de l'éthyle phosphite d'aluminium dans les troncs des arbres, s'est révélée décevante. Ces travaux, réalisés au Cameroun dans le cadre de l'IRA, montrent que les espoirs de perfectionnement de la lutte chimique contre *Phytophthora megakarya* sont très faibles. L'avenir

est dans un redoublement des efforts pour la recherche de variétés résistantes. Des clones ayant une forte aptitude générale à la combinaison pour différents caractères qui contribuent à réduire les taux de contamination du champignon ont déjà été repérés.

Protection du cotonnier par la lutte « étagée »

La protection du cotonnier contre les ravageurs est habituellement assurée par quatre à six traitements

systématiques. En 15 ans, cette méthode a fait passer les rendements moyens de 350 à 1 000 kilos à l'hectare sur près de un million d'hectares en Afrique francophone. Le traitement en fonction du seuil de nuisibilité des insectes est maintenant l'objectif à atteindre pour réduire les coûts et la pollution. Cela suppose une importante formation pour les paysans. La Sodecoton, l'IRA et l'IRCT ont pensé à une technique intermédiaire et formatrice, baptisée lutte étagée. Le principe en est le suivant : la moitié de la dose est épanchée selon le calendrier habituel ; l'autre moitié n'est utilisée que si le seuil de nuisibilité est franchi. Expérimentée en milieu villageois dans presque tous les pays où l'IRCT travaille, cette méthode est appliquée sur 3 000 hectares au Cameroun. Elle implique le changement de la technique de pulvérisation (il faut passer de l'ultra-bas volume au bas volume à 10 litres d'eau à l'hectare) et la séparation des matières actives dans les formulations. L'effort est cependant rémunérateur : sur 700 hectares, les villages proches de Guider, dans la province du Nord, ont, avec la même efficacité, dépensé 6 500 francs CFA au lieu de 18 000 francs par hectare en 1991. Les groupements villageois et la responsabilisation des agriculteurs sont la clé de cette réussite. Les observations (comptages d'insectes) et les prises de décision pour les traitements sont du ressort des chefs de groupement.

Réalité de la pratique paysanne

La CFDT et l'IRCT ont voulu savoir comment les intrants sont réellement utilisés par les paysans dans les régions cotonnières. Le ministère de la Coopération et du Développement a financé cette étude. Dans un premier temps, une enquête comportant une recherche méthodologique a été réalisée au Cameroun et au Burkina Faso. Dans le second pays, des sondages sur 450 parcelles ont montré que, quel que soit le mode de culture (manuelle, attelée ou motorisée), les recommandations ne sont pas respectées. Par comparaison avec des placettes correctement traitées établies au centre des parcelles

▼ La Mission défense des cultures

Chargé de mission
Jean-Loup Notteghem

Comité scientifique

• Président

Jean Chevaugnon

• Membres externes

Joseph Bergerard

Alain Coleno, INRA

Michel Dron, université

Paris XI, centre d'Orsay

Jean Dunez, INRA

Pierre Ferron, INRA

Yves Gillon, ORSTOM

Membres internes

Un représentant
par département

■ DES PRODUITS POUR LE DÉVELOPPEMENT

L'adoption de la lutte biologique par les caféiculteurs

Le scolyte du caféier, *Hypothenemus hampei*, coléoptère d'origine africaine, est arrivé en Amérique centrale par le Brésil. Il n'était pas accompagné des parasitoïdes capables d'assurer son contrôle biologique. Un projet de la CCE, coordonné par le CIRAD, a pour but d'introduire dans les pays caféicoles d'Amérique centrale des parasitoïdes venant d'Afrique.

Le programme engagé avec le microhyménoptère *Cephalonomia stephanoderis* se déroule de façon tout à fait exemplaire. Au Togo, l'IRCC capture les parasitoïdes et les envoie en quarantaine à l'IIBC en Grande-Bretagne. Les souches sont ensuite dirigées vers le Mexique, au CIES, lequel les multiplie, étudie leur biologie et leur écologie, fait des essais de libération et assure une redistribution auprès des instituts de recherche du Guatemala, du Salvador et du Honduras.

Là encore, les souches doivent être remultipliées. Des campagnes d'information ont sensibilisé les caféiculteurs — qui sont des petits producteurs. Ils ont appris à élever le parasitoïde selon une technique simple et en utilisant souvent des moyens de fortune. Les excellents résultats obtenus ont suscité un véritable engouement. L'un des objectifs du programme est maintenant d'aider les producteurs à procéder à leurs lâchers aux meilleurs moments.

observées, on constate une différence de rendement en coton-graine de 600 kilos à l'hectare. Bien que l'enquête porte sur tous les intrants, on peut largement imputer cette perte à une mauvaise protection contre *Heliothis helioverpa*, très abondant en 1991. Le sous-dosage est constant. A cela, deux explications : les surfaces cultivées sont supérieures à celles qui sont déclarées et une partie des intrants est distraite au profit d'autres cultures de la rotation, en particulier le niébé. Cette enquête se poursuit en 1992 au Bénin, en Côte-d'Ivoire, au Mali et au Sénégal. Elle sera ensuite généralisée à l'ensemble des pays du réseau cotonnier de la CORAF.

Résistance aux insectes

Parmi les méthodes de la lutte intégrée contre les insectes, la résistance variétale convient particulièrement aux pays en développement, dont les agriculteurs ne peuvent financer des traitements chimiques. En outre, elle respecte parfaitement les équilibres biologiques.

La recherche de la résistance de la tomate à *Liriomyza trifolii*, une mouche mineuse des feuilles, a, dès le début, suscité une collaboration entre l'INRA et l'IRAT. Une tomate sauvage, *Lycopersicon cheesmanii*, avait été remarquée pour sa résistance totale. Des croisements de cette tomate avec des variétés cultivées ont abouti à une population dite tropicale, dans laquelle des géniteurs réunissant de bonnes caractéristiques agronomiques et une résistance à *L. trifolii* sont testés à la fois au laboratoire et sur le terrain, avec l'ISRA, au Sénégal. Des graines seront cette année à la disposition des producteurs de semences. Ce succès a amené l'IRAT à entreprendre un programme de même nature pour le melon.

Dans toutes les zones productrices de maïs du continent américain, la plante est attaquée par les chenilles de *Spodoptera frugiperda*. Or, certaines populations de maïs de Guadeloupe sont résistantes à ce lépidoptère. L'objectif de l'IRAT est, à partir de ces dernières et d'un matériel végétal venant notamment du CIMMYT, de créer des variétés résistantes pour toute la région



carabe. Les tests de résistance sont réalisés au champ, en conditions d'infestation naturelle et artificielle. Avec la seconde méthode, l'apport d'un nombre défini de chenilles sur chaque plante donne une infestation homogène. Une notation de l'intensité des dégâts permet de trier les familles qui serviront de source de résistance dans le programme de création variétale.

Les tests de résistance du grain de sorgho à la punaise piqueuse *Eurystylus immaculatus* se déroulent également au champ, en conditions naturelles et artificielles, au centre ICRISAT-CIRAD de Samanko, au Mali. Parmi 12 variétés de sorgho ouest-africaines de l'ICRISAT, 2 se sont révélées beaucoup plus résistantes que les autres dans les essais multilocaux réalisés ces deux dernières années. Le laboratoire de technologie des céréales de Montpellier étudie cette résistance, qui semble liée à des caractères anatomiques et physiologiques des grains, notamment à la vitesse de durcissement pendant la maturation. Ces caractères devront par conséquent être intégrés au programme de sélection de sorghos pour le Sahel.

L'IRAT a montré, à la Réunion, que la résistance du maïs aux virus du *stripe* (MStpV) et de la mosaïque (MMV), tous deux transmis par le même insecte, *Peregrinus maidis*, est en fait polymorphe : la plante peut résister à l'insecte, à la transmission, au virus lui-même. Des criblages de familles de maïs sous infestation artificielle indiquent que certaines d'entre elles disposent de l'une de ces résistances et que d'autres, plus rares, en possèdent deux. Une étude plus fine de la résistance à *P. maidis* a été menée par actographie, technique qui permet de suivre le comportement individuel de l'insecte sur la plante, et par analyse des miellats. Les conditions de transmission se précisent en relation avec les habitudes alimentaires du vecteur.

Résistance aux nématodes

La stratégie de lutte contre les nématodes de l'ananas, du bananier et du caféier inclut, à terme, la création de variétés résistantes. Premier pas dans ce sens, la mise au point d'une technique d'évaluation précoce et rapide

de la résistance a pour but d'éliminer le matériel végétal sensible, afin de limiter le nombre de variétés testées au champ.

Les nématodes sont inoculés à des plantules de bananier et d'ananas produites *in vitro* et à de jeunes semis de caféier. Les observations portent sur l'évolution des populations de nématodes et sur les dommages causés aux plantes.

Avec cette technique, appliquée au bananier, on a retrouvé la même gamme de sensibilité à *Radopholus similis* qu'au champ. Cela vérifie la fiabilité du test. Les réponses sont obtenues en 8 à 10 semaines, alors qu'elles exigent au moins 6 mois en culture. Chez certains *Coffea canephora*, la résistance à *Pratylenchus loosi* a été mise en évidence en 2 ou 3 mois. Une quarantaine de variétés d'ananas appartenant aux principales espèces se sont toutes montrées plus ou moins sensibles à *P. brachyurus*. Au contraire, parmi 89 lignées de *Coffea arabica* issues d'une prospection en Ethiopie, 73 se sont révélées résistantes à *Meloidogyne* sp. Il s'agirait d'une résistance de type monogénique ou oligogénique.

Toxines bactériennes et génie génétique

Les biotechnologies appliquées à *Bacillus thuringiensis* sont à l'origine de nouvelles possibilités d'utilisation des toxines de cette bactérie dans le cadre d'une lutte biologique intégrée contre différents insectes ravageurs de plantes cultivées. Que l'on s'oriente vers la création de plantes transgéniques dans lesquelles auront été introduits des gènes gouvernant la production d'endotoxines de *B. thuringiensis*, ou que l'on crée des souches génétiquement modifiées de la bactérie, l'objectif est le même : se doter des moyens de lutte adaptés à un agrosystème donné. La nature du complexe de ravageurs de ce système, sa dynamique et les problèmes de résistance qui apparaîtront inévitablement font que les stratégies doivent avoir un caractère évolutif, adaptable.



■ DES PRODUITS POUR LE DÉVELOPPEMENT

La protection des vergers à la Réunion

A la Réunion, les mouches des fruits sévissent dans les vergers d'agrumes et de manguiers. Travaillant en collaboration avec la chambre d'agriculture, l'IRFA a mis au point une stratégie de lutte raisonnée reposant sur deux types d'intervention. Le piégeage sexuel des mâles à l'aide de phéromones permet de surveiller l'évolution des populations du ravageur. Le traitement consiste en une application en taches : un insecticide mélangé à un attractif alimentaire est déposé sur quelques parties de l'arbre et seulement sur quelques arbres du verger. L'association de ces deux techniques permet de ne traiter que lorsque c'est vraiment nécessaire, et de n'utiliser qu'une quantité réduite d'insecticide. D'abord testée avec quelques producteurs, cette méthode, efficace, économique et peu polluante, a reçu un accueil très favorable de la profession.

Les toxines reconnaissant des récepteurs chez un insecte du caféier, *Leucoptera* sp., ont été identifiées. Ce premier résultat d'un programme associant l'IRCC à PGS montre comment découvrir la relation entre insectes et toxines.

Deux spécialités, l'amélioration des plantes et la protection des cultures, se rejoignent dans la création de plantes transgéniques, modifiées pour exprimer un ou des gènes gouvernant la production d'endotoxines de *B. thuringiensis*. Des lépidoptères du cotonnier (*Helicoverpa armigera*), du riz (*Chilo suppressalis*) et du caféier (*Leucoptera* sp.) et un coléoptère du caféier (*Hypothenemus hampei*) sont pour le moment les cibles de ce programme.

Par ailleurs, la production de souches de *B. thuringiensis* recombinées « à la carte » progresse rapidement. Dix-huit gènes de la bactérie codent pour des toxines, dont huit ont une activité contre les lépidoptères. Par conséquent, le nombre de combinaisons est très grand, de sorte qu'il est difficile de trouver dans la nature des souches adéquates. La technique consiste à isoler les gènes, à les recombiner et à les introduire au moyen d'un vecteur dans une souche auparavant privée de sa virulence. Actuellement, des souches avirulentes de *B. thuringiensis* et des vecteurs sont disponibles, la collection de gènes est complète — elle a été constituée en collaboration avec les Pays-Bas, les Etats-Unis et le Canada — et leur clonage est en cours. Les bactéries recombinées seront utilisées pour étudier la résistance des insectes, augmenter l'effet des combinaisons de toxines sur un insecte donné et rendre *B. thuringiensis* efficace sur un plus grand nombre de ravageurs.

Phéromones sexuelles et d'agrégation

De nombreux insectes émettent des phéromones, substances attractives pour leurs congénères. Le CIRAD coopère avec le laboratoire des médiateurs chimiques de l'INRA pour utiliser ces substances dans le cadre d'une lutte intégrée. Leur emploi peut se concevoir aussi bien pour l'étude de la dynamique des populations naturelles que comme méthode directe de lutte.

Chez *Setothosea asigna*, lépidoptère défoliateur du palmier à huile en Indonésie, les substances extraites des glandes phéromonales ont été isolées puis synthétisées. Des capsules contenant des mélanges en différentes proportions ont été placées dans une palmeraie. Avec l'un de ces mélanges, chaque capsule capture près de 400 mâles en une seule nuit. A la génération suivante, beaucoup d'œufs sont infertiles. Des expérimentations complémentaires montreront dans quelles conditions utiliser cet attractif sexuel comme méthode de lutte.



Rhynchophorus palmarum, coléoptère ravageur du palmier à huile, qui, en outre, lui transmet la maladie de l'anneau rouge, émet une phéromone dite d'agrégation. Il s'agit d'une substance produite par les mâles lorsqu'ils sont en présence de la plante, et qui attire les deux sexes. Une technique de piégeage des adultes avec des morceaux de palmier devient cinq fois plus efficace lorsqu'on ajoute la phéromone synthétisée.

▼ Les thèses soutenues en 1991

Ecologie chimique du charançon des palmiers, *Rhynchophorus palmarum* (L.) (Coleoptera : Curculionidae), par Didier Rochat (France), université Paris VI. Accueil CIRAD : département IRHO.

Les Pseudococcidae déprédatrices des racines de caféier (*Coffea arabica* L.) au Guatemala. Cas particulier de *Dysmicoccus cryptus* (Hempel, 1918), par Armando García Gonzalez (Guatemala), université Paul Sabatier, Toulouse III. Accueil CIRAD : département IRCC.



PRODUCTIONS ANIMALES

■ Alimentation du bétail

Connaissance des richesses floristiques

Pour améliorer l'exploitation des pâturages, les agropastoralistes s'appliquent à reconnaître les espèces végétales. Résultant de la patiente collecte et de l'examen de plus de 65 000 échantillons botaniques, l'herbier de l'IEMVT, surtout spécialisé dans la végétation de l'Afrique tropicale, est unique en son genre, compte tenu des informations écologiques qu'il recouvre. Une banque de données informatisée en facilite l'utilisation. Les spécialistes du monde tropical disposent désormais de connaissances indispensables à l'aménagement des espaces pastoraux.

Les études botaniques ont donné lieu à la publication de deux ouvrages : *l'Enumération des plantes à fleurs*

d'Afrique tropicale, dont le premier des quatre tomes est paru en 1991 ; le *Guide de reconnaissance des principales graminées de Nouvelle-Calédonie*, flore pratique destinée à des non-spécialistes.

Valorisation des ressources fourragères

L'évaluation des ressources en herbe et la surveillance du couvert végétal ont été conduites par l'IEMVT sur une large surface du sud du Tamesna au Niger, avec l'appui de la télédétection spatiale.

Des mesures radiométriques simultanées à des mesures de la biomasse herbacée ont été effectuées dans le cadre d'un réseau important de prises de données.

La corrélation, par type de couvert végétal, entre l'indice de végétation normalisé et la phytomasse herbacée permet de mesurer sur le terrain la production par lecture directe d'un radiomètre.



Le développement de l'élevage dans le monde tropical fait face à de nombreux défis. Dans un espace pastoral aux ressources mal gérées et souvent insuffisamment connues, il faut améliorer l'alimentation des ruminants sans nuire ni à l'agriculture ni à l'aménagement des terroirs. Dans un monde séduit par les réussites techniques des pays du Nord et soucieux de mieux exploiter la biodiversité des zones tropicales, seuls l'inventaire des ressources animales et la connaissance de la biologie des espèces assureront

une protection et une valorisation adaptées aux contraintes des pays du Sud. Dans un contexte où l'organisation des services vétérinaires est balbutiante, de nombreuses maladies freinent la promotion de l'élevage ; des outils de diagnostic et des moyens de prophylaxie performants sont indispensables. Par ses actions dans le domaine des productions animales, le CIRAD s'attache à éclairer les décideurs et les acteurs concernés pour relever ensemble ces défis.

Cette recherche, à la fois méthodologique et appliquée, a impliqué des participants nigériens et français. Elle a montré l'aptitude de la méthode à quantifier et à suivre les productions herbacées du Sahel.

La généralisation à l'ensemble de la région a utilisé les données satellitaires de Landsat puis de SPOT. Chaque année depuis 1985, une carte de la biomasse herbacée a été dressée. La comparaison a révélé une nette amélioration de la production des pâturages sahéliens de la région, en relation avec l'amélioration de la pluviosité.

Dans les régions tropicales semi-humides, la production de l'herbe est considérable pendant la saison pluvieuse, mais le fourrage perd vite de sa valeur.

En revanche, l'herbe se fait rare en saison sèche. Il faut donc constituer des réserves fourragères, par ensilage d'herbe par exemple.

L'ensilage de l'herbe de prairie nécessite des mises au point particulières. Les techniques appropriées ont été expérimentées en Nouvelle-Calédonie et à la Réunion. Ces études ont montré l'intérêt de l'ensilage en balles rondes sous film plastique ; *Panicum maximum* se montre particulièrement adapté à ce mode de conservation.

Amélioration des pâturages

Dans le cadre de l'Observatoire du Sahara et du Sahel, dont le but est de favoriser les échanges sur la sécheresse et la désertification, des agropastoralistes de l'IEMVT ont assuré l'expertise et le suivi d'opérations de développement et d'expérimentations au Maroc, en Algérie et en Tunisie. Les propositions techniques, comme la plantation de graminées pérennes, s'intègrent dans une organisation de l'exploitation des pâturages à l'échelle villageoise.



Dans les régions sahéliennes ou subsahariennes, les végétations des zones dégradées ou stérilisées par la sécheresse et les activités humaines peuvent être partiellement restaurées et rendues à l'exploitation pour les animaux. La technique de restauration, mise au point à l'occasion de plusieurs expérimentations, comprend : la récupération des eaux de ruissellement ; le semis ou la plantation d'espèces locales ou introduites, herbacées et ligneuses ; l'organisation de la gestion des pâturages reconstitués.

Les résultats obtenus à Djibouti sur des parcelles d'essai ont abouti à la mise en place dans les dépressions stériles de plusieurs opérations de mise en valeur incluant le creusement mécanisé de fossés destinés à retenir l'eau au moment des rares précipitations, la plantation de boutures de graminées supportant la salinité du sol (*Sporobolus helvolus*) et d'arbres fourragers (*Acacia nilotica*) obtenus en pépinière.

Une opération de même type est réalisée au Tchad par le laboratoire de recherches zootechniques et vétérinaires de Farcha et l'IEMVT ; elle utilise des moyens à la portée des paysans, principalement la traction attelée.

En ce qui concerne l'amélioration des pâturages soudanais, des formules d'association de graminées sélectionnées et de légumineuses sont largement vulgarisées pour établir des prairies intensives en climat tropical semi-humide. La plus commune fait cultiver ensemble *Panicum maximum* cv. C1 et *Stylosanthes hamata* cv. Verano. Depuis sept ans, près de 1 500 hectares de pâturages ont été mis en place en milieu villageois dans le nord de la Côte-d'Ivoire et sont directement gérés par les éleveurs. Récemment, ce mélange a été employé pour améliorer sur 25 hectares les pâturages de la ferme de Banankéléda, au Burkina Faso. De ces prairies, 20 tonnes de foin ont été produites à la première coupe.

Pour renforcer le rôle des jachères sur le maintien de la fertilité des sols et dégager en même temps une production fourragère de qualité, diverses techniques visent à favoriser l'installation d'espèces herbacées fourragères. Avec l'IRZ, en zone cotonnière du Cameroun, on a introduit dans les rotations culturales une sole semée de légumineuses destinées à couvrir le sol, puis à être enfouies ou pâturées. Avec l'IDESSA, à Bouaké,

en Côte-d'Ivoire, la protection puis l'exploitation contrôlée des jachères traditionnelles ont favorisé l'établissement et le maintien de graminées de bonne valeur fourragère.

La ration alimentaire

Au Sénégal, l'ISRA et l'IEMVT collaborent depuis plusieurs années à des recherches consacrées à l'alimentation des ruminants dans les élevages pastoraux et agropastoraux. En 1991, les travaux ont plus particulièrement porté sur l'étude de la variabilité des ressources fourragères à l'intérieur d'un terroir.

Réalisée à partir de l'analyse de relevés floristiques, la définition des profils phytosociologiques a servi à l'établissement de cartes de peuplements végétaux. Cette étude complète les observations sur l'utilisation de l'espace et des fourrages par les animaux ainsi que les investigations relatives aux modes de conduite des troupeaux. Ces diverses approches de l'alimentation des ruminants sur parcours ont posé le choix difficile des échelles et des paramètres en vue de l'étude des systèmes extensifs d'élevage. Elles permettent le suivi et l'évaluation des efforts d'intensification.

Dans le même esprit, au Burkina Faso, l'étude des performances de troupeaux bovins a été complétée par l'examen des régimes ingérés sur parcours.

En milieu villageois, les monogastriques consomment surtout des déchets domestiques et des produits de cueillette, l'aliment commercial ne représentant qu'une faible part de leur ration. C'est pourquoi des enquêtes ont été menées, en Haïti dans le cadre d'un projet FAC, et en Nouvelle-Calédonie en liaison avec la province des Iles, pour déterminer les apports nutritifs correspondants. Des rations équilibrées ont été mises au point pour certains animaux comme les porcelets du projet de repeuplement porcin en Haïti.

Pour répondre à l'intérêt croissant porté en pays tropical à la viande de porc et de volaille, l'IEMVT a entrepris l'étude de certains produits utilisables par ces animaux, en particulier : les issues de céréales (riz, mil, maïs, sorgho), les sous-produits du caféier ou les tourteaux (coprah, palmiste, coton). Ces travaux ont bénéficié de collaborations, tant à l'intérieur du CIRAD qu'avec les laboratoires de nutrition animale de l'INRA.



■ Ressources animales

Faune sauvage

Un séminaire rassemblant, à l'initiative du ministère de la Coopération et du Développement, une vingtaine de spécialistes a élaboré une proposition de stratégie en matière de gestion de la faune africaine.

Une consultation préparatoire, confiée à l'IEMVT, a touché plus de 400 personnes. Elle s'est appuyée sur une base d'informations concernant une vingtaine de pays africains.

Les constats de dégradation de la faune africaine et de ses habitats et l'insuffisance des actions menées jusqu'ici en leur faveur ont conduit à proposer une stratégie fondée sur la gestion raisonnée et contrôlée des populations naturelles.

Par ailleurs, une enquête a révélé que la faune sauvage de la province Sud de Nouvelle-Calédonie contribue pour plus de 10 % à l'alimentation carnée des habitants. Les principaux animaux chassés sont le cerf rusa, le cochon sauvage, et, à un moindre titre, le notou (pigeon endémique) et la roussette (famille des chauves-souris). Pour valoriser cette ressource biologique, il convient de la protéger, d'en rationaliser la chasse, et de développer le tourisme, de vision ou de chasse ; la réglementation devra être révisée, des projets de développement sont à définir.

Génétique des ruminants

Un projet régional de recherche sur les petits ruminants, associant le Cameroun, le Niger et le Tchad, a débuté en 1991. L'application conjointe de la génétique quantitative, de la génétique factorielle et des suivis de troupeaux permet une caractérisation des races utilisées par les producteurs de ces pays.

La diversité morphologique constatée ne reflète pas une réelle différence de productivité. Les races étudiées sont probablement issues d'une population initiale relativement réduite.

Dans le milieu paysan du Mali, la sélection des bovins de race ndama se fonde sur des opérations de contrôle des performances. Cette action, qui reprend la méthode mise au point par l'IEMVT au ranch de Madina-Diassa (direction de l'Elevage), a donné lieu à l'élaboration d'un nouveau logiciel baptisé Aras. Le choix raisonné des géniteurs dans leur site de production est désormais possible à partir d'un index de sélection prenant en compte les critères les plus déterminants de l'évolution pondérale de l'animal : le poids à la naissance et les croissances pré et postsevrage.

Dans le but de détecter les gènes associés aux maladies, l'IEMVT développe des approches moléculaires qui aboutiront dans un avenir proche à l'établissement de cartes génétiques pour les ruminants. La cartographie du complexe majeur d'histocompatibilité sur trois millions de paires de bases a été publiée l'année dernière. Une nouvelle famille multigénique polymorphique a été découverte. Ces gènes s'expriment sous forme de protéines à la surface de certains lymphocytes impliqués dans les mécanismes de défense immunitaire. Ce nouveau complexe, de un million de paires de bases, vient compléter la carte physique des gènes impliqués dans l'immunité.

En association avec l'ILRAD et l'INRA, l'IEMVT développe de nouvelles techniques d'amplification de séquence d'ADN (PCR) permettant de localiser des zones polymorphiques sur tout le génome. L'étude de ces zones sur des familles à généalogie connue de chèvres résistantes ou sensibles à la cowdriose devrait permettre de marquer ces deux aptitudes, et peut-être de caractériser les gènes responsables de la sensibilité ou de la résistance à cette maladie. Des collaborations avec l'ILRAD sur les marqueurs génétiques d'animaux trypanotolérants sont en cours.

Aquaculture et pêche

Le tilapia de l'espèce *Oreochromis niloticus* est actuellement le seul du genre à être utilisé en aquaculture continentale. Des échantillons ont été récoltés dans cinq populations domestiques et comparés à deux populations sauvages (bassins de la Volta et du Niger).

▼ La Mission
productions animales

Chargé de mission
Gérard Matheron

■ RÉSEAUX

Rapprochements pour l'aquaculture et la pêche

Le CIRAD, l'ORSTOM et le CEMAGREF se sont regroupés à Montpellier autour de la thématique « aquaculture et pêche continentales tropicales et méditerranéennes ». Les programmes englobent la reproduction et l'élevage larvaire des siluriformes et des tilapias et l'étude des réseaux trophiques des milieux d'élevage. La protection des ressources halieutiques, l'introduction de nouvelles espèces et l'intégration de l'aquaculture dans les schémas d'aménagement des vallées fluviales donnent lieu à des opérations pilotes de développement.

Parcours pastoraux sous les tropiques

Créé à l'initiative de l'Association française de pastoralisme, le réseau *Parcours* reçoit le concours d'agropastoralistes et de spécialistes de la nutrition animale de l'IEMVT. Au sein du bureau, l'IEMVT anime le secteur portant sur les pâturages tropicaux. A travers ce dispositif, le CIRAD a été impliqué dans l'organisation, avec Agropolis, du quatrième congrès international des terres de parcours, qui s'est tenu à Montpellier en avril 1991. Les 620 participants, dont 143 Africains, venaient de 68 pays. Les 255 communications présentées concernaient l'étude et la gestion de terres souvent qualifiées de marginales, qu'elles soient tropicales, tempérées ou froides.

L'analyse des résultats fait apparaître une homogénéité entre les populations sauvages du Niger et de la Volta. On relève par ailleurs une permanence dans la variabilité génétique des populations d'*O. niloticus* de Côte-d'Ivoire : la constitution et l'entretien des stocks destinés à la pisciculture semblent être correctement réalisés (très faible variabilité interpopulations ; diversité génétique totale pour 80 % d'origine intrapopulation). On constate enfin une introgression génétique entre les espèces utilisées en hybridation ; cette introgression reste faible, mais ses effets possibles sur les performances zootechniques restent mal connus, notamment pour les souches d'*O. aureus*, dont on teste les possibilités d'élevage en milieu lagunaire.

■ Intensification des productions

Physiologie des animaux

Le chameau est une espèce à ovulation provoquée. La conduite de la reproduction implique la connaissance de l'état physiologique de la femelle, qui détermine le moment idéal de l'accouplement. On peut repérer cet état par le dosage de certaines hormones. Le dosage de la LH caméline a été standardisé grâce à un kit adapté aux contraintes de l'utilisation de terrain. Il ne nécessite pas l'accès à des laboratoires, toujours éloignés des sites de prélèvement.

La productivité des vaches laitières augmente considérablement si l'on réduit les périodes improductives, et notamment les intervalles entre les vêlages. Les techniques modernes de contrôle de la gestation des bovins ont été appliquées sur les troupeaux laitiers de la Réunion. L'utilisation appropriée du signal embryonnaire précoce, de l'échographie et de la fouille rectale représente un gain annuel de 1 000 francs par vache. Depuis leur mise au point, ces méthodes de diagnostic, adaptées aux besoins des producteurs, ont été prises en charge par la profession.

Pour le développement de l'insémination artificielle et du transfert d'embryons, le laboratoire de semences



animales de Port-Laguerre, en Nouvelle-Calédonie, a adapté les méthodes de prélèvement de sperme (notamment l'utilisation de l'électro-éjaculateur) aux conditions locales d'élevage. Les meilleurs animaux de races pures — Limousin, Charolais et Santa Gertrudis — issus de l'application des schémas de sélection établis avec l'aide de l'IEMVT sont ainsi valorisés en milieu tropical.

Systèmes d'élevage

Un ensemble important de résultats sur la productivité du bétail a été rassemblé dans une base de données à partir de groupes d'enquêtes ponctuelles conduites dans plusieurs Etats africains (les derniers en date étant le Cameroun et Djibouti) selon la méthode Kalao. Les études comparatives de troupeaux considérés comme similaires sur des critères sociologiques, économiques ou géographiques révèlent des différences de productivité très liées aux modes d'élevage.

Parallèlement à ces enquêtes, un réseau d'information sur la production des animaux en milieu paysan collecte des données dans de nombreux pays : Sénégal, Niger, Tchad, Cameroun, Soudan, Djibouti, Thaïlande ; il participe à la caractérisation des diverses populations de bovins, ovins, caprins et camélins.

Une enquête sur les systèmes d'élevage a été conduite par l'IEMVT chez les éleveurs de la province Nord de la Nouvelle-Calédonie. Elle a permis de définir la diversité des systèmes d'élevage à partir d'un échantillon d'une soixantaine d'exploitations pour un total de 500 dans cette province. Fondée sur des critères de structure, de fonctionnement et de résultats, l'étude a bien mis en évidence la grande diversité existant notamment entre les élevages mélanésiens et les élevages européens.

■ Santé animale

Création d'un centre régional de recherche

Le Centre international de recherche-développement sur l'élevage en zone subhumide (CIRDES) remplace désormais le CRTA à Bobo-Dioulasso. Le conseil des ministres de la Communauté économique du bétail

et de la viande, regroupant les ministères concernés du Bénin, du Burkina Faso, de Côte-d'Ivoire, du Niger et du Togo, a ratifié, en décembre 1991, la convention créant ce centre international, cofinancé par le CIRAD.

Le CIRDES a pour mandat la santé animale et le développement de l'élevage dans les zones subhumides et humides d'Afrique de l'Ouest : recherche et développement sur les maladies parasitaires, principalement sur les trypanosomoses animales africaines (lutte contre les glossines, étude de la trypanotolérance), et sur les maladies transmises par les tiques ; production animale en station expérimentale et en milieu réel, avec pour objet la valorisation des races locales dans leur milieu ; formation des cadres de l'élevage aux techniques mises en œuvre dans le cadre d'opérations de développement dans la sous-région.

Lutte contre les glossines et les trypanosomoses

Le diagnostic des trypanosomoses chez les mammifères et chez la glossine nécessite des outils appropriés. A partir de méthodes mises au point en Afrique de l'Est (ILRAD), une adaptation aux espèces et aux souches de trypanosomes d'Afrique centrale est en cours. Elle s'accompagne d'une simplification pour l'application sur le terrain (passage de sondes radioactives à des sondes « froides »). Elle est mise en pratique en République centrafricaine, en aide à des projets de développement.

La technique Elisa est utilisée, à partir des anticorps monoclonaux fournis par l'ILRAD, en parallèle avec les méthodes parasitologiques classiques. Les premiers résultats montrent la bonne spécificité de ces tests. Ce procédé se révèle plus sensible que les méthodes classiques : il détecte un plus grand nombre d'infections. Lorsque la spécificité des tests sera confirmée, on envisagera de les utiliser directement sur le terrain.

Les sondes génomiques sont appliquées à la détection et à l'identification des trypanosomes chez la glossine à partir d'empreintes sur filtre (*touch blot*) réalisées avec *Glossina fuscipes fuscipes*. Les plasmides nécessaires à la fabrication de ces sondes ont été fournis par l'ILRAD. Une batterie de sondes génomiques est en cours de constitution à Montpellier.



Une protéine antigénique de 69 kilodaltons, que l'on retrouve chez *Trypanosoma congolense*, *T. vivax* et *T. brucei* à tous les stades du cycle, a été isolée pour diagnostiquer le type de l'infection trypanosomienne. De plus, cet antigène engendre une réponse humorale chez tous les animaux, mais avec un taux d'immunoglobuline inférieur chez les bovins trypanosensibles.

Dans le cadre de la lutte contre les glossines, l'objectif est de mieux comprendre la perception de l'environnement par cet insecte, pour améliorer les techniques de piégeage. Les recherches entreprises par l'ORSTOM et l'IEMVT sur l'inventaire des systèmes récepteurs des glossines apportent des éléments nouveaux sur leur équipement sensoriel, en particulier sur les soies chimioréceptrices de l'aile, décrites pour la première fois chez cet insecte. L'approche biométrique de l'aile montre aussi que certaines mesures ont une valeur discriminante pour certaines espèces. En outre, le recensement quantitatif des soies réalisé au cours de cette étude montre une absence de différence entre les sexes, mais une différence significative entre les espèces du groupe *palpalis* et celles du groupe *morsitans*.

L'efficacité des pièges à mouches tsé-tsé peut être considérablement augmentée en diffusant certaines

molécules simples (acétone, certains phénols) faisant partie des odeurs de mammifères qui attirent ces mouches. Plusieurs molécules, efficaces sur les glossines d'Afrique orientale et australe, ont été expérimentées au CRTA à Bobo Dioulasso. Ces substances n'ont pas autant d'effet sur les espèces de glossines de l'Afrique de l'Ouest. D'autres molécules sont actuellement recherchées, notamment à partir d'odeurs de reptiles, hôtes importants des glossines riveraines de l'Afrique occidentale.

Pathologies tropicales

Les pneumopathies constituent une dominante pathologique des petits ruminants de la zone soudanienne d'Afrique. Une étude menée avec l'ISRA au Sénégal montre que l'atteinte des petits ruminants par les affections respiratoires est très variable d'un élevage à l'autre. Cette variabilité a pu être reliée à des différences d'alimentation et de logement. La prévalence des symptômes dans un troupeau est, en fait, beaucoup plus liée à ces pratiques qu'aux programmes de prophylaxie médicale testés.

Cette première étude sur les facteurs de risque des pneumopathies montre la nécessité d'agir sur les techniques d'élevage, et donne des orientations sur le choix des mesures à tester. Les liaisons mises en évidence permettent de savoir dans quelles conditions l'élevage court le plus de risques de rencontrer des pneumopathies, sans que, toutefois, la liaison de cause à effet soit encore établie.

La maladie de Newcastle reste l'obstacle principal à l'élevage des poules en Afrique. Les essais de laboratoire pour la mise au point d'un vaccin oral thermostable sont terminés. Des études menées au Burkina Faso ont montré que son meilleur support alimentaire est le sorgho blanc. Des essais devraient être menés en vraie grandeur avec l'IRZ au Cameroun en 1992.

Tiques et maladies associées

Depuis 1967, la tique américaine *Amblyoma variegatum* se répand rapidement aux Antilles. Cette tique, associée à la cowdriose et à la dermatophilose, est dangereuse pour l'élevage. L'étude de son cycle montre que le traitement du bétail est indiqué toutes les deux

■ DES PRODUITS POUR LE DÉVELOPPEMENT

L'Atlas des maladies infectieuses des ruminants

L'Atlas des maladies infectieuses des ruminants vient d'être publié par l'IEMVT avec le concours du CTA et de l'ACCT. Il représente par des cartes la répartition mondiale de 67 maladies infectieuses des ruminants domestiques. Un court texte en rappelle les symptômes, l'épidémiologie, le traitement et la prophylaxie, ainsi que l'importance économique.

semaines. Le choix des acaricides a porté sur différents pyrétrinoïdes de synthèse, en fonction de leur efficacité et de la simplicité de leur application. La fluméthrine, en traitement sur l'axe dorsal selon la technique *pour-on*, est recommandée. Une campagne d'éradication de deux ans, tout en posant des problèmes d'ordre pratique, humain et social, est techniquement faisable et présente un rapport avantageux entre le coût et le bénéfice.

En 1991, le réseau international coudriose-dermatophilose a fait de grands progrès dans l'épidémiologie, la pathogénie et surtout le diagnostic de ces maladies ; des tests Elisa sont maintenant utilisables sur le terrain. Ce réseau, piloté par le CIRAD, bénéficie de soutiens de la CCE, de la CORDET et du ministère de la Recherche et de la Technologie. Il lie l'IEMVT à Maisons-Alfort et en Guadeloupe aux facultés vétérinaires d'Utrecht et de Londres, aux laboratoires vétérinaires de Dakar et de N'Djamena et au Royal Veterinary College de Londres.

▼ Les thèses soutenues en 1991

Etude de la composition botanique des régimes alimentaires des ruminants domestiques (bovins, ovins et caprins) en région soudano-sahélienne par analyse histologique des fèces, par Mamadou Cellou Bogome Diallo (Guinée), université des sciences et techniques du Languedoc, Montpellier II. Accueil CIRAD : département IEMVT.

Utilisation conjointe de la télédétection et de l'enquête de terrain lors des inventaires d'occupation du sol. Recherche méthodologique appliquée au Sahel sud-mauritanien, par Vincent Godard (France), Ecole des hautes études en sciences sociales, Paris. Accueil CIRAD : département IEMVT.

■ FORMATION

Des formations en élevage et médecine vétérinaire

L'IEMVT assure des formations diplômantes. Il s'agit du DESS de productions animales en régions chaudes (en collaboration avec l'INA-PG, l'ENVA et le Muséum national d'histoire naturelle), du certificat de pathologie animale tropicale et du cours international de production et pathologie des ovins et caprins. En 1991, 38 étudiants ont obtenu l'un de ces diplômes, dont 18 étrangers.

Les universités Paris VI et Paris XI viennent de mettre en place conjointement un DEA d'écologie tropicale comportant trois modules. L'un d'eux, intitulé « fonctionnement des systèmes anthropisés tropicaux », est placé sous la responsabilité de l'IEMVT ; plusieurs de ses spécialistes participent aux enseignements. Son intérêt spécifique réside dans l'étude des relations entre la dynamique des populations et les écosystèmes. Ce DEA offre une possibilité d'accueil pour des étudiants envisageant une formation doctorale.

Par ailleurs, divers stages pratiques d'une durée moyenne de trois mois ont été organisés en France et en Afrique sous la tutelle de l'IEMVT pour 74 étudiants étrangers de 21 pays différents. Une formation au diagnostic des hémoparasitoses a été dispensée pendant un mois au Burkina Faso à 10 étudiants africains de nationalités différentes.



L'intérêt porté par le CIRAD à la première transformation des produits récoltés et à leur stabilisation s'étend désormais, pour beaucoup d'entre eux, à l'ensemble des phases les conduisant jusqu'au consommateur.

Trouver des emplois inédits aux matières premières, créer des produits nouveaux, adapter les technologies des pays développés, cela implique de prendre en compte les débouchés locaux ou les possibilités d'exportation.

Les recherches dans le domaine de la technologie se relient de plus en plus étroitement à l'analyse de l'appropriation des techniques, aux travaux économiques et sociologiques.

TECHNOLOGIE

■ Technologie alimentaire

L'étude de la qualité des produits et de son amélioration, le développement de procédés de première ou de deuxième transformation, la mise au point de produits nouveaux ont souvent pour cible des unités industrielles de petite taille susceptibles d'être prises en charge par des groupements de producteurs ou des artisans. Les aspects nutritionnels et le goût des consommateurs deviennent des aspects essentiels de l'élaboration des produits alimentaires.

Valeur alimentaire des graines de cotonnier

L'état des jeunes enfants souffrant de malnutrition est grandement amélioré par des bouillies à base de farine de graines de cotonnier sans gossypol, dont la teneur en protéines est supérieure à 50 %. On a cependant constaté que ces farines contiennent des phytates, dans des proportions de l'ordre de 5 %. Bien que non toxiques, les phytates provoquent la formation dans le duodénum d'un complexe insoluble « emprisonnant » des éléments comme le calcium, le magnésium, le zinc et le fer, qui sont rejetés. D'autre part, ils interagissent avec les protéines en en diminuant la solubilité et donc la valeur nutritionnelle.

Un programme de recherche de l'IRCT et de l'ENSAM s'est attaché à éliminer les phytates des farines de graines de cotonnier. Une souche de levure alimentaire, *Schwanniomyces occidentalis*, choisie pour sa forte activité phytasique, s'est révélée capable de détruire les phytates. Une méthode de dosage de l'acide phytique et des dérivés d'hydrolyse (inositols phosphates) par chromatographie en phase liquide à haute performance a été mise au point. Elle permet de suivre le processus de dégradation. La teneur en phytates des farines peut être diminuée de 70 à 80 %.

Qualité culinaire et morphologie du riz

On pensait jusqu'ici que les qualités culinaires du riz dépendaient de sa teneur en amylose. Cela reste vrai, mais une étude de l'IRAT, réalisée en collaboration avec le Centre français du riz, a montré que les caractéristiques morphologiques du grain jouent

un rôle encore plus important. Les résultats des mesures de fermeté et de collant pratiquées sur les grains blancs cuits de 20 variétés tropicales et méditerranéennes ont été soumis à une analyse en composantes principales. La morphologie du grain, en particulier son épaisseur et sa largeur, se révèle plus étroitement reliée à la fermeté et au collant que sa teneur en amylose. Cette information est primordiale pour les sélectionneurs et les industriels de la transformation du riz.

Texturation de fruits

Certains fruits comme la mangue ne se prêtent pas, en raison de leur texture, au séchage et aux traitements thermiques ou ne sont pas présentables en morceaux. Pour que les industriels puissent les incorporer à des préparations diverses (produits laitiers, pâtisserie, biscuiterie, etc.), il faut préalablement leur donner une forme stable. Pour répondre à ce besoin, le CEEMAT a développé un procédé de texturation de pulpe de fruits et de légumes à l'aide d'un agent gélifiant thermo-irréversible, l'alginate. Ce procédé permet de donner au produit la forme souhaitée, de le pasteuriser dans un sirop, ou encore de le sécher. Les conditions de la texturation — quantité d'alginate, de calcium (pour une prise en masse progressive), de sucre ajouté, température, pH et acidification graduelle en présence de gluconodelta lactone — ont été optimisées pour la pulpe du fruit de la passion, de la mangue, du pamplemousse et de l'orange. Au point au laboratoire, le procédé doit être validé à l'échelle pilote. C'est à quoi le CEEMAT s'emploie maintenant avec la société Gauthier.

Clarification des jus de citron et d'orange

Pour débarrasser les jus de fruits des macromolécules qui leur donnent un aspect trouble et les stabiliser, la microfiltration en flux tangentiel sur membrane minérale a d'abord été appliquée à des fruits comme la pomme et le raisin. Le filtrat contient les principaux nutriments hydrosolubles. Cette technique a ensuite été appliquée par l'IRFA et l'USTL au traitement du kiwi. Son adaptation au jus de citron a été réalisée par l'IRFA à la demande du COCI, groupement de producteurs d'agrumes de Côte-d'Ivoire, qui souhaite commercialiser un jus de citron clarifié correspondant à une demande

■ DES PRODUITS POUR LE DÉVELOPPEMENT

Petites unités de transformation de fruits

Avec l'ONUDI, le centre de développement industriel de la CCE et un industriel français, Simaco, l'IRFA réalise les études préalables à l'installation de petites unités polyvalentes de production de jus de fruits tropicaux, les met en place, forme le personnel, établit la formulation des boissons, optimise la production et organise la gestion. En 1991, trois opérations de ce type ont été menées à bien : au Cameroun, la société Royal Fruits (Douala) produit des jus de goyave, d'ananas et de fruit de la passion, avec une capacité quotidienne de 5 000 bouteilles ; au Togo, à Lomé, l'atelier Khelam produit 500 bouteilles par jour de jus de gingembre, de goyave, de mangue, de fruit de la passion et de papaye ; au Burundi, l'extension de la société Fruito a eu pour objectif la production de jus de fruit de la passion et d'ananas en sachets d'aluminium.

Désacidification du cacao marchand

A l'intention des torréfacteurs qui achètent des cacaos marchands acides, notamment ceux en provenance d'Asie du Sud-Est, l'IRCC a mis au point un traitement de désacidification à la vapeur, simple et rapide, s'appliquant entre le décorticage et la torréfaction. L'influence des paramètres de traitement (température et débit de vapeur, durée du traitement, température de séchage) a été étudiée au laboratoire à l'aide d'un pilote de petite capacité, dont la conception autorise la transposition à grande échelle. En fonction des objectifs de production, l'acidité libre peut être abaissée de 10 à 25 % et l'acidité volatile de 20 à 60 % en moins de 30 minutes. Ce traitement est facilement intégrable dans le processus de fabrication. D'une façon générale, il n'entraîne pas de modification du caractère aromatique du cacao, et peut même, dans certaines conditions, améliorer son appréciation organoleptique globale.

nouvelle du marché européen. Le produit obtenu est conforme aux normes du marché et le développement industriel peut s'engager. Un autre travail, encore au stade de la recherche, a pour but d'identifier les applications possibles de la microfiltration en flux tangentiel au procédé de transformation de l'orange. Les jus clairs et les concentrés pulpeux obtenus pourront être utilisés comme base de fabrication de divers jus de fruits.

Huiles essentielles d'écorce d'orange

Les huiles essentielles d'écorce d'orange sont employées dans les boissons (jus et spiritueux) et en cosmétique. Leurs caractéristiques diffèrent beaucoup d'un cultivar à l'autre, mais aussi en fonction du climat, des méthodes de culture, des procédés d'extraction et de conservation. Pour aider les industriels à obtenir des produits de qualité stable et répondant aux exigences du marché, l'IRFA a entrepris de caractériser les huiles essentielles de différents cultivars d'orange sélectionnés par ses soins en Corse et à la Martinique et de les comparer aux produits obtenus au Brésil, en Côte-d'Ivoire, en Espagne et en Italie. Parmi les résultats de cette étude, on relève que la Côte-d'Ivoire, en raison du matériel végétal qu'elle cultive et des conditions climatiques et édaphiques locales, serait très bien placée pour produire des huiles essentielles de bonne qualité avec des rendements élevés.

L'extraction de l'huile de palme et de coco

Les méthodes traditionnelles de l'huilerie de palme laissent une quantité importante d'huile dans les fibres et dans les boues de centrifugation. En collaboration avec l'ITERG, l'IRHO met au point un traitement enzymatique qui devrait augmenter le taux d'extraction. Au laboratoire, le malaxage de fruits de palme en présence d'enzymes détruisant la cellulose et les pectines procure un gain de l'ordre de 5 % par rapport à l'huile totale du régime. Ces enzymes améliorent également les décantations statique et dynamique intervenant après la pression. En outre, ce principe pourrait probablement s'appliquer à la récupération assistée de l'huile dans les effluents d'huilerie. Des essais en vraie grandeur avec des jus



enzymatiques industriels vont être réalisés dans une huilerie.

L'huile de coco est employée par de nombreuses populations des régions tropicales dans des plats cuisinés et en cosmétique coutumière. Le goût de la noix de coco gagne aussi les occidentaux. L'IRHO et l'université Aix-Marseille élaborent un procédé d'extraction de l'huile après macération, dont l'idée est née d'une observation de terrain : après une nuit de macération de l'albumen broyé, la quantité d'huile extraite augmente beaucoup par rapport à un pressage immédiat. Cela laisserait supposer une digestion enzymatique pendant la macération.

Une étude histologique a d'abord montré que l'albumen est constitué de longues cellules prismatiques à peu près toutes semblables, renfermant l'huile, et que sa charpente est constituée essentiellement de cellulose et d'hémicellulose. Le phénomène constaté sur le terrain a ensuite été reproduit au laboratoire. Il semblerait que, contrairement à l'hypothèse initiale, qui faisait intervenir une activité microbienne de la flore ambiante, la digestion enzymatique soit le résultat d'activités végétales endogènes (cellulases et hémicellulases) libérées pendant le broyage de l'albumen. Un plan d'expérience considère maintenant le temps de macération, la température, l'agitation, l'aération, le pH initial et les proportions relatives entre l'albumen broyé et l'eau.

Désacidification des huiles hyperacides

Le raffinage d'une huile très acide s'opère difficilement et exige la mise en œuvre d'un procédé relativement onéreux reposant sur l'emploi d'un solvant. Les pertes sont élevées. Deux huiles tropicales sont typiquement concernées : l'huile de son de riz, toujours acide, qui comporte couramment de 10 à 15 % d'acides gras libres, et l'huile de palmiste, souvent acide en raison du mode de stockage des amandes, qui peut porter l'acidité à des valeurs comprises entre 5 et 10 %. L'expérience acquise par l'IRHO dans les domaines des lipases industrielles et de l'interstérification lui a permis de mettre au point un procédé performant de réduction de l'acidité jusqu'à une valeur avoisinant 2 %. Après cette désacidification, on peut procéder au raffinage traditionnel, avec des pertes limitées du fait de la reconversion des acides gras en huile.

Composition biochimique des cafés

Une meilleure connaissance de la composition biochimique des cafés et de sa variabilité est nécessaire au progrès de la sélection variétale et à la définition de la qualité des produits. L'IRCC, en collaboration avec l'ORSTOM, a analysé 77 « variétés » de café, provenant pour la plupart de caféiers sauvages malgaches, réputés pour leur absence de caféine, la présence de composés terpéniques amers et une très faible teneur en acides chlorogéniques. Or, chez certains de ces caféiers, on a mis en évidence la présence de caféine et d'autres composés de la même famille, ainsi que des teneurs élevées en acides chlorogéniques ; en revanche, ils ne contenaient pas de terpènes. Des composés originaux du métabolisme phénolique, que l'on n'avait jamais trouvés dans des caféiers cultivés, ont également été décelés. Il conviendra d'en étudier l'incidence sur la qualité. Ces résultats mettent en cause la classification des caféiers sauvages.

Le goût de pomme de terre du café

Le café arabica d'Afrique de l'Est peut être affecté d'un goût indésirable de pomme de terre, qui en déprécie considérablement la valeur. Ce goût provient d'une substance produite par des bactéries se développant dans les cerises piquées par des insectes vecteurs. Au Burundi, particulièrement affecté par ce phénomène, l'ISABU et l'IRCC ont trouvé une bactérie totalement inconnue dans des drupes endommagées. L'identification en a été confiée à l'Institut Pasteur. De son côté, le laboratoire de Montpellier a montré que la bactérie produit de l'isopropylméthoxypyrazine, la substance qui confère le goût de pomme de terre. Dans l'attente de l'identification de la bactérie, les études portent sur les conditions écologiques favorables à son développement, les insectes vecteurs et les conditions de transmission, la mise au point d'un test rapide de détection et une première approche des moyens de lutte.

Conditionnement des bananes

Les groupements de producteurs de banane des Antilles et l'ODEADOM, partenaire institutionnel de financement de l'agriculture dans les départements d'outre-mer, souhaitent améliorer la qualité et la compétitivité



commerciales des bananes arrivant sur le marché européen. Pour cela, il faut agir sur les nombreuses étapes de la filière qui conduisent les fruits du bananier à la table du consommateur. L'IRFA étudie la respiration des fruits et les émissions volatiles (gaz, arômes), les méthodes de refroidissement par courant d'eau et en chambre froide ainsi que l'influence de l'emballage et du suremballage sur l'efficacité de la réfrigération. Les résultats montrent que l'épaisseur, la forme, les dimensions et les perforations de l'emballage cartonné, de même que la nature du film, jouent un rôle primordial dans le maintien de la qualité, la conservation et le mûrissement du fruit. Des emballages ont été recommandés à la profession.

■ Valorisation des produits

De l'emballage biodégradable à l'agrocarburant, les produits végétaux font l'objet de recherches en vue d'utilisations non alimentaires intéressantes pour les pays en développement. Les rapprochements entre industriels de tous les continents sont favorisés par plusieurs actions, auxquelles le CIRAD participe largement.

Emballages amyliacés expansés

L'industrialisation des produits alimentaires dans les pays en développement appelle une meilleure maîtrise du conditionnement, particulièrement des emballages. Le CEEMAT oriente ses recherches vers l'emploi de produits amyliacés expansés ayant des propriétés voisines de celles du polystyrène pour la fabrication de barquettes destinées au conditionnement des fruits et des légumes et de « vaisselle » pour l'alimentation de rue. Les avantages d'un tel projet sont nombreux. Les matières premières locales abondent : grains ou brisures de riz, fécule ou billes de manioc, semoules grossières de maïs, par exemple. Leur emploi évitera l'importation de matières premières comme le polystyrène en billes, et on peut en imaginer la fabrication sur place, dans des unités de petite taille. Enfin, ces matériaux, biodégradables, sont comestibles par les animaux. L'équipement pilote d'expansion de produits amyliacés conçu par le CEEMAT donne

de très bons résultats, particulièrement avec le riz et le manioc. Les caractéristiques mécaniques et l'aspect des barquettes répondent aux objectifs. Il reste à améliorer la résistance à l'eau et la souplesse du matériau.

Synthèse en chimie des lipides

Les cétones à longues chaînes se révèlent des précurseurs précieux pour l'élaboration d'agents de surface d'un nouveau type, caractérisé par des molécules à trois bras lipophiles. Ces composés pourraient trouver des applications dans le domaine des revêtements de surface (peintures anticorrosion) et en cosmétique. En 1991, l'IRHO a établi que les huiles tropicales riches en acides gras saturés, notamment celles de coprah, de palmiste et de palme, donnent les meilleurs résultats en terme de rendement en cétones. Les huiles polyinsaturées (graine de coton, arachide, aleurite, etc.) donnent des rendements plus faibles et des proportions de sous-produits indésirables trop élevées. Un brevet européen a été déposé par le CIRAD. Le savoir-faire de l'IRHO dans ce domaine a fait l'objet d'un contrat avec une filiale d'Elf-Aquitaine, qui étudie actuellement quatre préparations du laboratoire.

Agrocarburants tropicaux

La plupart des pays en développement dépendent de l'énergie fossile et doivent acheter en totalité les produits pétroliers, ce qui contribue fortement au déséquilibre de leur balance commerciale. Ces mêmes

▼ La Mission technologie

Chargé de mission

François Challot

Comité scientifique

• Président

Jean-Louis Rastoin,
ENSA Montpellier

• Membres externes

Yves Barbet-Massin,
Renault-Agriculture
Georges Bruge,
Rhône-Poulenc
André Chieng, AEC
Yves Darricau, ONUDI
Antoine Gaset,
ENSC Toulouse
Pierre Germain, ENSAIA
Yves Lemaire, Technisucré
Christiane Mercier, BSN
Paul Steck, INRA
René Urien, CEMAGREF
Jean-Anne Ville, ANVAR
Roland Violot, SIAL

• Membres internes

Un représentant
par département



pays produisent des quantités importantes de biomasse, dont une partie pourrait être recyclée à des fins énergétiques sans nuire à l'autosuffisance alimentaire.

L'IRHO a une longue expérience dans le domaine des agrocarburants, déjà mise à contribution en 1991 dans le cadre d'un programme sur les esters méthyliques de colza soutenu par la CCE. A la suite de ces travaux, un projet consistant à élaborer un carburant à partir de l'éthanol issu de la fermentation de la bagasse disponible à la raffinerie de sucre de Banfora, au Burkina Faso, a été confié à Technisucre, à l'IRHO et au CEEMAT. A partir de la combinaison de l'éthanol et d'une huile végétale (huile de coton), un agrocarburant binaire (éthanol-esters) ou ternaire (éthanol-esters-gazole) sera formulé.

Le CEEMAT étudie les caractéristiques des huiles végétales brutes susceptibles d'alimenter les moteurs diesels et le comportement de ces derniers.

Parmi les huiles testées, les meilleures sont celles de coprah et de palme ; viennent ensuite les huiles de cotonnier, d'arachide et de tournesol ; les huiles de soja et de colza ont les performances les plus basses. Ce sont les huiles les plus saturées en acides gras qui présentent les meilleures aptitudes en tant que carburant. L'étude de l'évaporation des gouttelettes végétales dans les moteurs montre une grande similitude avec celle du gazole. L'influence de la température est cependant plus importante sur les huiles.

Au-delà de 500 °C environ, toutes les huiles végétales deviennent équivalentes ; leur courbe d'évaporation se rapproche alors de celle du gazole. Par conséquent, dans les moteurs à injection indirecte ou à préchambre (automobiles et petits moteurs industriels, par exemple), dont la température moyenne dépasse 500 °C, toutes les huiles peuvent être utilisées avec le même rendement et sans dépôt carbonneux. Pour fonctionner avec une huile végétale, les moteurs à injection directe (camions, tracteurs, etc.), dont la température moyenne à l'intérieur de la chambre de combustion est peu élevée, doivent être modifiés. Le CEEMAT et l'ESEM, à la demande de la société John Deere France, ont adapté un moteur diesel pour un tracteur courant de sa gamme.

■ DES PRODUITS POUR LE DÉVELOPPEMENT

Entreprendre dans l'industrie du bois

Encourager et favoriser la réalisation d'opérations industrielles dans les pays en développement et en Europe de l'Est en mobilisant les entreprises françaises du bois, tel est le but d'un projet lancé par l'ONUDI, financé par le ministère de l'Agriculture et de la Forêt et auquel participent plusieurs centres techniques, dont le CTFT. Deux outils ont été réalisés pour soutenir cette action. Une banque de données informatisée recense les industriels et les sociétés de services de la filière bois intéressés par des actions de coopération et indique leurs compétences et leurs domaines d'intervention. Un guide des procédés semi-industriels de transformation du bois, composé de fiches, décrit les techniques pour lesquelles existe une compétence française exportable et signale les entreprises susceptibles d'assurer le transfert de technologie. On y trouve par exemple des fiches sur le sciage de feuillus et de résineux, la fabrication de lamellés collés, la production d'emballages, la torréfaction du bois. Ce projet cherche, en une démarche pragmatique, à rapprocher les partenaires et à établir des accords de coopération industrielle.

Biomasse et énergie

Les pays asiatiques souhaitent valoriser leurs excédents de biomasse et de résidus de récoltes en les transformant en énergie pour produire de la chaleur ou de l'électricité. L'Europe, qui maîtrise des techniques de transformation, souhaite les exporter. A l'initiative du CTFT, la CCE finance un programme de coopération avec l'ASEAN coordonné par l'AIT (Thaïlande), associant l'ASCNCER (Thaïlande) et le CRA (Belgique). Dans un premier temps, deux experts du CTFT et du CRA ont recensé



les demandes à l'échelle des pays de l'ASEAN. Ils se sont attachés à repérer les lieux de production, la nature et les quantités de biomasse concernées, dans le but d'évaluer les perspectives de marchés. En juin 1991, un groupe d'une vingtaine d'industriels et de chercheurs asiatiques a visité les entreprises de plusieurs pays d'Europe, qui ont présenté leur savoir-faire et leurs matériels. Un réseau s'est alors amorcé entre clients potentiels et industriels. Enfin, un catalogue des techniques et des matériels de combustion, de production de force motrice, de pyrolyse et de fermentation a été édité.

La qualité des bois de plantation

L'eucalyptus est l'une des principales espèces de reboisement dans le monde. Il est essentiellement destiné à produire de la pâte à papier, sa transformation en bois d'œuvre posant de multiples problèmes. Pour éviter de trop forts prélèvements sur la forêt naturelle, il serait judicieux de trouver des solutions techniques qui permettent de valoriser une partie des eucalyptus en bois d'œuvre. Le CTFT a entrepris une recherche en ce sens avec l'appui du CNRS et du laboratoire de rhéologie du bois de Bordeaux. En quels termes le problème se pose-t-il? Les arbres sur pied développent des contraintes de croissance (différence de comportement mécanique entre le cœur et la périphérie du tronc) en partie responsables des déformations qui apparaissent lors du sciage du bois. Des campagnes de mesures dans les plantations clonales congolaises, lieu d'investigation idéal en raison de leur homogénéité, ont pour but d'analyser les processus en cause. Les premiers résultats tendent à montrer qu'il n'y a pas de réelle évolution des contraintes de croissance en fonction de l'âge pour les arbres de 1 à 10 ans. D'autre part, les eucalyptus ne développeraient pas plus de contraintes de croissance que d'autres essences comme le hêtre, le wapa ou le pin maritime. On se demande par conséquent si le comportement du bois d'eucalyptus pendant sa transformation ne devrait pas être attribué à sa structure et à ses propriétés mécaniques plutôt qu'aux contraintes de croissance elles-mêmes. Les travaux se poursuivent dans cette voie.

■ Equipements industriels et agricoles

Parallèlement à la mise au point d'équipements pour l'agriculture et l'industrie se développe une activité soutenue de formation.

Transformation des céréales

Les céréales, base de l'alimentation des pays en développement, devraient aussi souvent que possible être transformées sur le lieu de production afin de donner une valeur ajoutée au produit et de recycler les sous-produits sur place. Pour cela, il convient de s'intéresser à toutes les séquences du processus post-récolte et de travailler en liaison avec les organisations paysannes.

Le CEEMAT a conçu une minirizerie, constituée d'un prénettoyeur, d'un décortiqueur-blanchisseur et d'un trieur indépendants, ce qui laisse la possibilité d'une acquisition partielle (le trieur, qui sépare les brisures du riz entier, ne serait par exemple pas indispensable au Sénégal, où les populations sont habituées à consommer un mélange des deux formes). Cette unité a une capacité de l'ordre de 500 à 800 kilos de paddy à l'heure. Elle peut par conséquent traiter de 1 000 à 2 000 tonnes par an, soit la production d'un périmètre villageois courant. En 1991, une unité pilote complète a été installée dans la région du lac Alaotra, à Madagascar, pour étudier l'adaptation de la minirizerie aux riz locaux et son insertion dans la filière. D'autre part, une convention a été signée avec la société Gauthier, chargée d'assurer l'industrialisation et la commercialisation.

Un décortiqueur de mil et de sorgho de petite capacité (50 à 100 kilos à l'heure) a été créé par le CEEMAT pour répondre aux besoins familiaux quotidiens à l'échelle d'une communauté et pour l'équipement de petites minoteries. En effet, si de nombreux modèles de moulins existent, un seul décortiqueur (de conception canadienne), fonctionnant en discontinu, est actuellement disponible en Afrique de l'Ouest. Le décortiquage reste le plus souvent manuel et représente un travail astreignant pour les femmes. Le matériel



du CEEMAT est conçu pour une alimentation continue et élimine les sons. En 1991, deux unités pilotes ont été implantées au Sénégal dans le cadre d'une collaboration avec l'ISRA, l'une dans un village de la région de Bambey, l'autre à Thiès, chez un meunier. On a pu constater que la capacité prévue correspondait bien aux besoins et que le décortiqueur pouvait encore être simplifié, ce qui a été fait. Une fabrication locale est envisagée.

Petits matériels de traitement des fruits tropicaux

L'IRFA conçoit des équipements de petite capacité, souvent polyvalents, peu onéreux, pour la transformation des fruits tropicaux. En 1991, trois matériels ont été créés et expérimentés.

La pince de décortiquage de noix de cajou extrait l'amande sans l'abîmer, alors que sa forme ne se prête pas facilement à cette opération. Elle diminue beaucoup les pertes. Il s'agit d'un matériel destiné à des groupements villageois soucieux de valoriser leur production pour l'exporter vers les pays du Nord comme produit de grignotage. Le développement en a été confié à la société Leroux.

La cylindreuse manuelle d'ananas découpe le fruit soit en cylindre, soit en forme de pirogue. Les petites conserveries des pays en développement et les entreprises de restauration collective des pays industrialisés sont les clients potentiels de la société Auriol, chargée de la fabrication et de la commercialisation.

La dépulpeuse de fruit est un matériel du commerce — également fabriqué par la société Auriol — qui a été adapté au dénoyautage de la mangue. Sa polyvalence (elle est utilisée par exemple pour la grenadille, le corossol, la goyave) en fait un matériel intéressant pour les ateliers de transformation des fruits.

Un fermenteur de cacao

Actuellement, la fermentation du cacao, qui développe les précurseurs de l'arôme, est réalisée très empiriquement par les producteurs. Elle aboutit à des produits de qualité variable. Recherchés sur le marché, les cacaos bien fermentés se vendent jusqu'à 20 % au-dessus des cours

mondiaux moyens. La question se pose donc d'optimiser la fermentation et de la contrôler, dans le but d'obtenir des qualités constantes.

Les travaux de l'IRCC ont d'abord porté sur le processus même de la fermentation, qui comprend deux phases : à la fermentation alcoolique, qui s'accomplit en condition anaérobie et élève peu la température, succède la fermentation acétique, qui se déroule à l'air et fait monter la température jusqu'à 50 °C. On a montré que, pour favoriser la deuxième phase et éviter une fermentation lactique indésirable, des brassages doivent être effectués à un moment précis du début de la fermentation acétique. Une excellente corrélation entre la quantité d'énergie dégagée et la qualité du cacao a été mise en évidence.

A partir de ces données, deux fermenteurs ont été conçus, chacun d'entre eux étant équipé d'une sonde de température plongée dans les fèves en fermentation. Les informations sont transmises à un automate programmable, qui décide des moments opportuns pour effectuer les brassages et arrête la fermentation en fonction du produit désiré. Avec le premier fermenteur, un système de bacs, les brassages se font par transfert d'un bac à l'autre. Le second est constitué d'une cuve, dont la rotation induit le brassage. Expérimentés au Togo, où la fermentation se fait très difficilement en raison du climat, ils ont tous deux donné d'excellents cacaos, de qualité reproductible. Le fermenteur rotatif se montre cependant supérieur au fermenteur à bacs. Le procédé et les matériels sont protégés par un brevet, dont la licence a été concédée à la société Gauthier, chargée du développement industriel et commercial. Les grandes plantations industrielles, les groupements de petits planteurs, les intermédiaires entre planteurs et exportateurs et certains industriels du chocolat devraient être intéressés.

L'élimination du collage des cotons

De plus en plus nombreux sont les cotons rendus collants par des miellats d'insectes. Ces cotons entraînent des difficultés à tous les stades de la manufacture. L'IRCT a d'abord mis au point un matériel de détection

■ FORMATION

Séminaires pour les professionnels du café

En 1991, 44 professionnels du café (importateurs, négociants, torréfacteurs, cafetiers) et spécialistes de la répression des fraudes ont participé aux séminaires que l'IRCC organise tous les deux mois depuis une dizaine d'années. D'une durée d'une semaine, ces stages intensifs développent une approche à la fois théorique et pratique de la reconnaissance des variétés de café, de la torréfaction, du contrôle de la qualité des cafés verts et torréfiés et de la dégustation.

Canne à sucre : matériels de culture et de récolte

Dix-neuf grandes plantations sucrières de l'île Maurice ont confié au CEEMAT la formation de leurs agronomes, des chefs de parc et des agents d'exécution à l'utilisation des matériels de culture et de récolte de la canne à sucre. Cette action s'est mise en place en 1988 et a déjà concerné 144 personnes ; elle résulte d'une collaboration entre le MSIRI, la MSPA et le RSTCA de Maurice et une équipe du CEEMAT. Le programme traite du comportement du sol et de la plante sous l'action des outils, des caractéristiques des matériels et des normes d'utilisation, de l'organisation des chantiers mécanisés. En 1991, deux sessions de six semaines ont accueilli, en situation professionnelle, des assistants agronomes et 24 agents d'exécution. Ce programme a aussi pour objectif le désengagement progressif du CEEMAT. Des cadres formés les années précédentes aux aspects techniques acquièrent maintenant les outils pédagogiques nécessaires aux futurs formateurs en entreprise. Ils seront chargés de la formation en 1992, avec l'appui du CEEMAT.

des cotons collants (thermodétecteur) et une enceinte à conditionner les échantillons à tester. Une réunion des filateurs, organisée à Montpellier en juin 1991 par le Syndicat général de l'industrie cotonnière française, l'a convaincu de leur intérêt pour des procédés d'élimination du collage. Les recherches dans ce domaine ont abouti à la fin de l'année au dépôt de deux brevets.

Le premier procédé conjugue l'action de l'humidité, de la température et de la pression sur une nappe de fibre de 125 grammes par mètre carré. Le second utilise la pression et une humidité ambiante de 60 % sur un voile de fibre de 5 grammes au mètre carré. Tous deux donnent d'excellents résultats au laboratoire. L'un est plus rapide, l'autre moins coûteux en énergie : ils trouveront leur place dans des filatures situées dans des contextes différents. Un accord a été signé avec le ministère de l'Industrie et du Commerce extérieur pour engager le développement du premier procédé en collaboration avec un industriel.

Des équipements pour la culture attelée

Dans les régions soudano-sahéliennes, un profil cultural satisfaisant et un bon calage du cycle de la culture sont des éléments importants de la formation du rendement. Cependant, les outils traditionnels utilisés en traction animale permettent rarement à l'agriculteur de préparer le sol avant les pluies. Le CEEMAT a imaginé un nouvel itinéraire technique pour travailler le sol sec et avancer le semis dès que les pluies s'installent. Deux équipements complémentaires ont été conçus dans cette optique. Le premier, le « coutrier », est un décompacteur capable d'ouvrir, sur une profondeur de 10 à 20 centimètres, la couche superficielle des sols sablo-argileux pris en masse ; son travail assure une bonne infiltration des premières pluies, qui se perdent habituellement par ruissellement. Le second, le « roliculteur », est destiné à affiner le lit de semences aussitôt que le sol est humide. En raison de sa largeur de travail, il est trois fois plus rapide que la charrue classique ; il accélère donc la mise en place de la culture. Le coutrier et le roliculteur, de conception simple, peuvent être réparés et même fabriqués, au moins partiellement, par des artisans locaux. Les expérimentations de terrain



se sont déroulées dans cinq pays d'Afrique, en collaboration avec les instituts de recherche nationaux.

Avec le souci d'améliorer la traction animale, en particulier les travaux de préparation du sol, le CEEMAT a réalisé une étude très complète des harnachements d'Europe et d'Afrique. Le harnais, qui assure la liaison entre l'animal et l'outil, est un élément essentiel pour le développement de tout le potentiel de l'attelage. Cette étude a abouti à la conception d'un joug expérimental appliquant quelques principes fondamentaux pour un coût minimal. Des essais comparatifs, réalisés au Burkina Faso avec l'INERA et le SRI (Grande-Bretagne), ont montré que quelques améliorations et une fabrication soignée se traduisent par un plus grand confort de l'animal et un gain d'énergie non négligeable.

▼ Les thèses soutenues en 1991

La texture des grains de maïs africains : détermination de la vitrosité et de la dureté, relation avec les propriétés physico-chimiques et avec l'obtention de produits de transformation,
par Antoine Louis-Alexandre (France), Institut national polytechnique de Toulouse. Accueil CIRAD : département IRAT.

Les procédés de déshydratation-imprégnation par immersion dans des solutions concentrées (DII). Etude expérimentale et modélisation des transferts d'eau et de soluté sur gel modelé,
par Anne-Lucie Raoult-Wack, université des sciences et techniques du Languedoc, Montpellier II. Département CEEMAT.

Microfiltration en flux tangentiel : applications et intérêts dans le procédé technologique de transformation de l'orange,
par Rana Bali (Syrie), faculté de pharmacie, université Montpellier I. Accueil CIRAD : département IRFA.

Films et emballages comestibles : étude et amélioration des propriétés filmogènes du gluten, par Nathalie Gontard (France), université des sciences et techniques du Languedoc, Montpellier II.
Accueil CIRAD : département CEEMAT.

SYSTÈMES DE PRODUCTION ET SYSTÈMES AGRAIRES

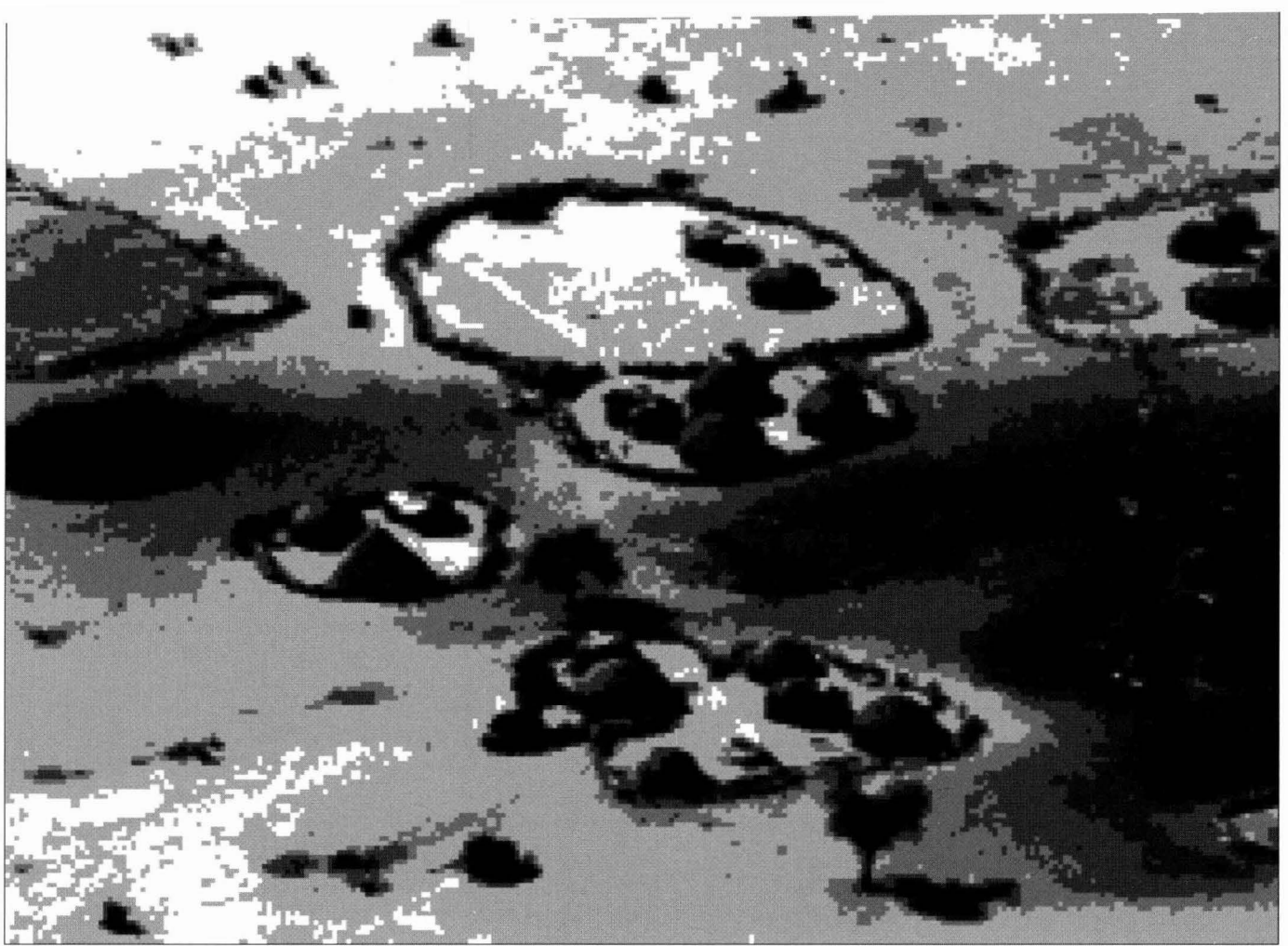
Du système de culture aux systèmes agraires, le CIRAD analyse, diagnostique, modélise, améliore les pratiques paysannes, forme des chercheurs et des praticiens, coopère avec des organisations professionnelles agricoles. Les innovations techniques, sociales et institutionnelles mises en œuvre par les populations rurales passent en effet par la recherche, la formation et l'information pour arriver à la diffusion et à la maîtrise sociale. Dans ces recherches, l'analyse des systèmes est un outil d'autant plus performant que les objectifs des acteurs, individuels ou collectifs, ne sont pas négligés. En effet, dans des sociétés en mutation, les paysans, passant de l'autoconsommation à l'économie de marché, ne sont pas toujours tentés par la maximisation des revenus monétaires.

■ Les systèmes de culture

Les outils de diagnostic, les relations entre systèmes de culture et milieu physique, les apports de la modélisation, la prise en compte du risque climatique ne doivent pas faire oublier à l'agronome, au chercheur, que tout système ne vaut que par son adéquation aux objectifs et aux moyens de l'agriculteur. L'amélioration des systèmes de culture et la prise en compte de la durabilité doivent donc s'insérer dans une démarche de recherche-action, ou de création-diffusion de l'innovation, conduite en relation étroite avec des agriculteurs.

Cultures pluviales et motorisation

L'IRAT conduit au Brésil, en zone préamazonienne, un projet de recherche-action depuis 1989. Ce projet, situé dans une zone accidentée de l'ouest du Maranhão, porte à la fois sur des systèmes de culture à base de céréales (maïs, sorgho, riz pluvial) et sur des systèmes fourragers à base de *Brachiaria* et de *Paspalum*. Un diagnostic rapide



sur les pratiques agricoles a permis d'identifier quelques points sensibles : mise en culture de pentes supérieures à 10 % entraînant des phénomènes d'érosion aggravés par des préparations de lit de semence inadéquates, mauvais contrôle des adventices (*Leptochloa*, *Echinochloa*, *Digitaria*, *Eleusine*, *Commelina*), monoculture du maïs entraînant une mauvaise rentabilité des équipements.

Après trois années de recherche sur les dispositifs antiérosifs (banquettes à bases larges), les techniques de travail du sol, les rotations et les plantes de couverture, des recommandations très concrètes peuvent être formulées concernant les cultures de maïs, riz pluvial, sorgho, soja, la lutte contre les adventices, l'implantation de prairies de *Paspalum notatum* ou de *Chloris gayana*.

A partir de ces références techniques, il devient possible de réfléchir à l'optimisation des chantiers agricoles et d'imaginer divers scénarios tenant compte des objectifs des agriculteurs et de l'évolution des prix des produits.

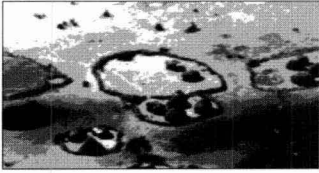
Dans les *cerrados* humides du Mato-Grosso, où l'IRAT coopère depuis 1984 avec l'EMBRAPA à la mise au point de systèmes de culture motorisés, l'évolution récente

des prix du soja et du riz est très favorable à l'adoption de solutions de substitution à la monoculture du soja. Les rotations soja-riz, l'introduction d'une culture de sorgho dérobée après riz ou soja permettent d'optimiser l'utilisation des équipements de travail du sol ou de récolte et de dégager des résultats économiques positifs tout en diminuant la dépendance économique des exploitations vis-à-vis des marchés internationaux.

Dans la vallée du Niari, au Congo, l'IRAT a mené, en coopération avec la DGRST congolaise, une recherche visant à la mise au point et à l'évaluation économique de systèmes de culture motorisés à base de maïs et de soja.

Dans cette zone équatoriale de pluviosité modeste (1 000 millimètres), deux cycles de culture sont possibles, mais l'organisation du calendrier cultural est particulièrement délicate car les sols sont très argileux et de structure fragile.

Après quatre ans d'étude, des itinéraires techniques ont été mis au point, permettant le plein emploi d'une chaîne de culture animée par un tracteur de 70 ch. Avec cet équipement (charrue à soc, pulvérisateur à disque,



semoir, épandeur remorque), il est possible de réaliser 40 hectares de maïs ou de soja en premier cycle et 30 hectares en second cycle de culture. Chaque parcelle n'est emblavée qu'une fois par an, ce qui permet de réaliser les travaux de culture dans des conditions satisfaisantes et évite une évolution défavorable de la fertilité du sol.

Dans ces conditions, les coûts de production du maïs et du soja sont compétitifs avec les prix des produits importés pour la fabrication d'aliments du bétail.

Cultures vivrières en zones cotonnières

Au Togo, l'IRCT a réalisé un zonage de l'aire cotonnière en petites régions homogènes, correspondant à des situations différentes de pression foncière et de monétarisation des échanges. Dans chacune des cinq zones les plus contrastées, des enquêtes ont été réalisées sur les pratiques paysannes autour des cultures principales et des systèmes de culture. Ces enquêtes donnent une image très intéressante de la diversité des cultures ou des associations culturales pratiquées par les paysans. A Poissongui, village situé tout au nord du Togo, 50 % des surfaces cultivées en vivriers sont consacrées à l'association mil tardif, sorgho et niébé, 30 % à l'association mil hâtif, mil tardif, sorgho et niébé, 20 % à une culture pure d'arachide. A Waragni, village du centre du pays, 20 % des surfaces cultivées en vivriers sont affectées à l'association de l'igname et du sorgho, 30 % à l'association maïs, sorgho, avec ou sans arachide, 15 % aux associations du sorgho avec de l'arachide ou du niébé, 35 % à une culture pure de sorgho. Même si à Kpové, dans le sud, 90 % des surfaces sont en culture pure de maïs, on constate à quel point les modèles de rotation arachide-coton-sorgho ou maïs-coton étudiés par la recherche sont réducteurs.

Néanmoins, les associations mises en œuvre par les paysans ne permettent pas d'éviter les problèmes de fertilité du sol quand l'augmentation de la population entraîne une réduction des jachères. Les enquêtes réalisées permettent de constater des simplifications dans les systèmes de culture, concomitantes à l'emploi de l'engrais minéral sur le maïs et le coton

dans des auréoles d'intensification autour des villages (exemple de Manga à l'ouest de Kara).

Les systèmes de culture à base de riz irrigué

Au Brésil, dans l'Etat du Piaui, l'IRAT a développé une recherche de création-diffusion d'innovations en liaison avec le projet Agropastoril do Nordeste. Ce projet situé sur les berges du rio Parnaíba est principalement axé sur la production de riz de qualité pour les villes du nord et du nord-est du Brésil. La culture du riz y est pratiquée en saison sèche sous irrigation sur des sols alluviaux hétérogènes, dans le cadre d'une agriculture motorisée intensive.

Les problèmes à résoudre pour améliorer la productivité des aménagements sont liés à la double culture : problèmes techniques et organisationnels relatifs à l'utilisation optimale des divers équipements, problèmes agronomiques de prolifération des adventices et d'hétérogénéité de la fertilité, interférant avec le rendement à l'usinage du riz.

Les résultats concernent les paramètres de la culture du riz irrigué de saison sèche, dont la productivité est très élevée, et ceux des cultures de saison des pluies. Ces dernières, dont les performances sont limitées par le climat, peuvent être conduites en conditions pluviales sans diguettes, ce qui améliore notablement leur rentabilité et l'organisation des chantiers de travaux. L'introduction de rotations culturales avec le maïs et le soja est envisagée pour faciliter l'élimination du riz rouge des parcelles.

En Mauritanie, à la demande du gouvernement, l'IRAT, le DSA et le BDPA ont proposé des itinéraires techniques pour l'intensification de la riziculture du Trarza (delta du fleuve Sénégal).

Pour les grandes exploitations mécanisées, le semis direct de riz prégermé est envisageable après une préparation soignée du sol. Le passage de la simple à la double culture devra être progressif ; il suppose un contrôle réel de l'enherbement, et donc l'importation et l'emploi d'herbicides adaptés.

Pour les petites exploitations des périmètres irrigués villageois, l'installation de la culture peut être faite par semis ou repiquage selon les disponibilités en main-

d'œuvre. La mécanisation peut être limitée à la préparation du sol et au battage.

Dans les deux cas, les propositions d'intensification n'auront d'impact sur les pratiques des agriculteurs que si l'environnement des exploitations est amélioré : crédit rural adapté, prix minimum garanti pour le paddy, amélioration des approvisionnements en intrants.

Association de plantes pérennes et annuelles

Au Gabon comme au Vietnam, l'IRAT étudie des associations de plantes vivrières à l'hévéa qui permettent aux planteurs d'utiliser au mieux les jeunes plantations.

A Bitam, au Gabon, le climat, de type équatorial, permet deux cycles de culture. Après défrichement de la forêt, les sols se montrent immédiatement favorables au manioc et au bananier plantain, qui constituent la base de l'alimentation des populations autochtones, ainsi qu'au riz pluvial, qui n'est pas cultivé dans la zone. Les planteurs suivent attentivement les expérimentations de manioc comme culture intercalaire, car celle-ci est actuellement interdite dans les plantations villageoises par crainte de contamination d'éventuelles maladies des racines transmissibles du manioc à l'hévéa. Les résultats obtenus à ce jour permettent de proposer aux planteurs d'hévéa de cultiver, en interligne, du riz pluvial (de mars à juin), de l'arachide (de septembre à décembre), puis du bananier plantain pendant deux cycles de culture. Cette succession culturale peut également commencer par un riz pluvial cultivé de septembre à décembre.

Dans la province de Dong Nai, au Vietnam, le problème abordé est celui du deuxième renouvellement des hévéas sur des plantations, Dan Giay et Long Thanh, qui ont été créées au début du siècle et qui sont actuellement du domaine public.

Les recherches ont débuté en 1991 par des enquêtes sur les pratiques actuelles des ouvriers à qui sont confiées les terres récemment replantées pour y réaliser des cultures vivrières. Quelques expérimentations ont été également réalisées sur le maïs, l'arachide et le riz pluvial. Sur ces vieilles plantations, les niveaux de fertilité des terres sont très modestes, ce qui laisse peu de marge de manœuvre pour innover.

■ DES PRODUITS POUR LE DÉVELOPPEMENT

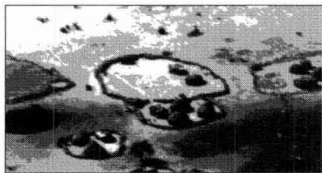
De nouvelles bases pour un système de culture

Au Sénégal, l'arachide de bouche renouvelle l'intérêt des paysans pour le système arachide-mil. En 1991, plus de 28 000 hectares ont été emblavés avec la variété GH 119-20. Malgré des conditions climatiques peu favorables, l'appui aux producteurs (semences, intrants) et leur motivation ont permis d'obtenir de bons résultats (1 300 kilos à l'hectare de coques) et de redonner à l'arachide sa place de tête de rotation. Le crédit mis en place pour les intrants par la société Novasem, qui assure le soutien technique aux producteurs avec le concours de l'IRHO, est très motivant, et remboursé sans problème par les intéressés. Le programme 1992 prévoit d'étendre les surfaces d'arachide de bouche à 40 000 hectares, au bénéfice réciproque de la société et des paysans concernés.

■ PUBLICATION

Le sorgho dans les systèmes de production

Le sorgho, numéro 18 de la collection « Le Technicien d'agriculture tropicale », paru en 1991, a été rédigé par des chercheurs de l'IRAT. Il fait le point des connaissances sur la plante, sur sa place dans les systèmes de culture et de consommation des populations africaines, ainsi que sur les techniques disponibles pour intensifier ou sécuriser sa production.



Traction animale

Un regain d'intérêt pour la traction animale et pour l'utilisation du fumier se manifeste actuellement dans plusieurs pays d'Afrique et à Madagascar. Cependant, même si la culture attelée gagne du terrain, la conduite des animaux de trait et la gestion de leur carrière sont loin d'être optimales.

Au Cameroun, une enquête a été réalisée par l'IRZ et l'IEMVT auprès de 190 chefs d'exploitation de la zone cotonnière pour analyser la place de la traction animale dans les systèmes de production. La diversité des situations rencontrées peut être schématisée en trois modalités d'intégration de la culture attelée. Les agriculteurs ayant recours à la traction asine sont souvent des jeunes s'installant sur des exploitations modestes ou des paysans plus âgés ayant essuyé des revers. Les nouveaux utilisateurs de la traction bovine et les paysans bloqués dans leur progression ont une paire de bœufs de trait pour environ 4 hectares. Les paysans en phase d'accumulation de capital utilisent deux paires de bœufs sur des surfaces d'environ 8 hectares et s'équipent en matériel (charrette, etc.).

L'enquête montre aussi que les attelages de bœufs de trait sont fréquemment employés pour des travaux extérieurs aux exploitations. Des progrès très sensibles restent à faire sur les pratiques sanitaires et zootechniques ainsi que sur l'attelage et le matériel.

A Madagascar, au lac Alaotra, l'équipe FOFIFA-CIRAD du programme de recherche-développement a cherché à évaluer si les modes de conduite actuels du cheptel de trait étaient compatibles avec une augmentation des efforts de traction et des temps de travaux demandés par la réalisation de façons culturales plus intensives. Une analyse approfondie des systèmes d'élevage a été réalisée avec 32 exploitants des villages de Fiadanana et Mangalaza, avec lesquels l'équipe du programme est en relation depuis plusieurs années. Le suivi des calendriers alimentaires a mis en évidence des pratiques très diversifiées. A Mangalaza, toutes les exploitations font appel à un type de transhumance saisonnière soit à courte distance sur des collines proches du village, soit à plus longue distance à l'ouest du lac. A Fiadanana, tous les exploitants

gardent leur troupeau en stabulation toute l'année près des habitations, et la différenciation se fait sur la nature et l'importance des complémentations (herbe verte, manioc).

Des propositions techniques très diversifiées ont pu être faites à ces agriculteurs ; certaines sont mises à l'essai dans leurs exploitations.

■ Les systèmes de production

Systèmes de production à base de manioc

Au Congo, à la demande de l'Association des volontaires du progrès et du ministère de la Coopération et du Développement, l'IRAT, le DSA et la DGRST congolaise ont réalisé une enquête dans la région du Pool pour analyser les conditions socioéconomiques de la production et de la commercialisation du manioc, pivot des systèmes de production et de consommation de ce pays.

L'enquête a porté sur 346 unités de production relevant de sept villages du district de Mindouli ; elle a concerné 1 852 parcelles de production, dont on a soigneusement repéré le statut foncier et les modes de conduite.

L'analyse démographique de ces villages démontre que l'exode rural, dans cette zone, ne compromet pas leurs capacités productrices. Au contraire, il développe des relations ville-campagne à l'intérieur de chaque famille et sensibilise les ruraux à l'innovation et à l'intégration au marché par la transformation du manioc à la ferme.

L'analyse des types de champ et des pratiques culturales paysannes met en évidence la diversité des savoir-faire en fonction des types de milieu et permet de constater que la durée moyenne des jachères est encore supérieure à cinq ans sur l'échantillon de champs étudié.

Les modes d'accès à la terre restent largement fondés sur les règles matrilineaires ancestrales. Toutefois, 18 % des champs inventoriés sont loués contre des sommes d'argent variant en fonction de la qualité de la terre.

L'analyse des pratiques commerciales des unités de production confirme la prépondérance du manioc, loin devant la tomate, le piment et l'arachide. Le manioc, au demeurant, est vendu tout au long de l'année presque



exclusivement transformé (foufou en cossettes et surtout chicouangue) par les femmes, ce qui traduit leur insertion dans l'économie marchande.

Systèmes de production à base de vivriers

Au Burundi, la plaine de Nyanzalac couvre environ 30 000 hectares, dont 6 000 de bas-fonds non aménagés. Une cellule de recherche-développement a été créée en 1987 pour évaluer les perspectives de développement agricole de cette région. L'analyse du milieu physique (cartographie morphopédologique) et des réalités agricoles (enquêtes sur 100 exploitations) a permis à l'IRAT d'apprécier la diversité des problèmes à résoudre pour l'intensification des systèmes de production et d'identifier des techniques susceptibles d'y remédier. Un premier bilan des recherches a été dressé en 1991 : il met l'accent à la fois sur la lutte contre l'érosion, la mise en valeur des bas-fonds et la diffusion de matériel végétal résistant aux viroses pour le maïs, à la cochenille pour le manioc, à la rosette pour l'arachide. Les perspectives de commercialisation des vivriers sur les marchés locaux et régionaux ont également fait l'objet d'évaluations précises.

Systèmes de production à base de riz irrigué

Dans plusieurs pays, le CIRAD participe à des recherches sur l'amélioration des systèmes de production paysans dans un contexte de réhabilitation des aménagements hydrauliques et de transfert de leur gestion — actuellement assurée par l'Etat ou une société de développement régionale — aux organisations paysannes.

Au Mali, pour l'Office du Niger, le DSA assume la recherche-développement d'un projet de réhabilitation concernant 750 exploitations de 10 villages. Une analyse de leur système de production a permis de prendre en compte les diverses activités, agricoles — riziculture, maraîchage, culture pluviale, élevage — et non agricoles. La typologie ainsi élaborée est utilisée par les conseillers agricoles pour préciser leurs conseils en fonction des différents types d'exploitation.

A Madagascar, sur les hautes terres d'Antsirabe, le DSA participe à une cellule de recherche-développement commune à l'opération de développement de la riziculture et au projet de réhabilitation des petits périmètres irrigués.

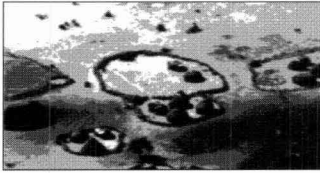
Cette cellule s'appuie sur les enquêtes réalisées antérieurement sur les exploitations agricoles de la région pour mettre en place un réseau de 50 fermes de référence réparties en 10 hameaux. Ce dispositif permet d'étudier sur un échantillon représentatif les recettes et les dépenses des exploitants agricoles ainsi que la part des dépenses d'entretien des réseaux hydrauliques dans les budgets d'exploitation. Il confirme la diversité et la complexité des systèmes de production mis en œuvre par les paysans : maraîchage et cultures de contre-saison dans les rizières, cultures pluviales sur les terres exondées, petits élevages de porcs et de volailles, élevage bovin laitier, fabrication de briques... Parmi les facteurs de blocage des systèmes de production, il faut signaler l'inexistence du crédit, les problèmes fonciers et les difficultés d'approvisionnement en intrants, en particulier en matière de soins vétérinaires.

■ Les systèmes agraires

La gestion des espaces ruraux

Le groupe de travail sur la gestion des terroirs du réseau Recherche-développement a analysé, en 1991, 13 projets de développement ou de recherche-développement ayant trait à la maîtrise par les populations rurales de leur espace et des ressources qui y sont liées. Ce groupe de travail, où le DSA coopère avec l'IRAM, le CIEPAC, l'AFVP et la CCCE, a permis d'analyser les pratiques des agents de terrain confrontés à de nouvelles méthodes d'intervention, plus participatives, dans des contextes incertains marqués par un désengagement des Etats, un dépérissement des sociétés de développement régional, des relations tendues entre certains projets et les services techniques nationaux.

Les projets de gestion de terroirs souffrent d'une contradiction entre la volonté affichée de promouvoir une action concertée avec les populations locales et les règles édictées par les bailleurs de fonds en matière d'élaboration, de financement et d'évaluation des projets. Cette contradiction nécessite une réflexion approfondie sur la conception de ces actions expérimentales, sur leur évaluation et l'extension



des dynamiques sociales ainsi créées. Le mode d'intervention de ce type de projet, dont le rythme de financement est discontinu, semble assez peu adapté à des actions progressives de transfert à des organisations paysannes (qui ne sont pas toujours motivées) des compétences et des moyens nécessaires à la gestion de leur environnement et de leur développement.

Les projets analysés sont souvent fondés sur des diagnostics rapides privilégiant les aspects techniques. Tant que les demandes sociales les plus pressantes ne sont pas prises en compte, le dialogue avec les populations rurales concernées n'est pas facile à nouer sur la gestion des ressources à moyen et à long terme.

D'autre part, ces diagnostics portent sur une situation locale, sans liaison avec le contexte économique et institutionnel général. Ils ne permettent pas d'apprécier les marges de manœuvre du projet sur le crédit rural, la création d'associations d'usagers, le marquage du foncier individuel et collectif.

Pour nombre de projets, il est difficile de concilier une approche participative négociée avec les organisations paysannes et l'obligation de résultats, quantitatifs ou de planification, imposée par les bailleurs de fonds (nombre de villages concernés par le projet, de groupements villageois créés, de terroirs délimités). Les méthodes d'intervention des projets et des agents de développement semblent pourtant beaucoup dépendre de ces obligations de résultats : accent mis sur les aménagements antiérosifs, incitations diverses (dons en nature, salaires) pour réaliser des reboisements, etc.

Les travaux en cours ont pour objet d'identifier de nouvelles méthodes d'intervention permettant de mieux prendre en compte l'évolution des rapports sociaux.

La modélisation des systèmes agraires

Dans le cadre de la mise en œuvre de politiques macroéconomiques dites d'ajustement structurel, la recherche agronomique est fortement incitée à fournir des réponses pertinentes aux questions que posent les disparités d'évolution de la croissance démographique et de la productivité agricole ou encore la gestion des ressources naturelles.

Pour élaborer ces réponses, elle dispose le plus souvent d'informations fragmentaires à des échelles de perception variées.

La mise en œuvre, encore récente, de techniques de modélisation mathématique, même sous les formes les plus simples, pourrait bien leur donner une cohérence. L'application de la programmation linéaire à l'échelle du système agraire local permet, en particulier, de prendre en compte les divers milieux physiques et les techniques actuelles, ou possibles, de l'agriculture et de l'élevage.

L'exemple de la zone cotonnière du Mali, analysé en commun par l'IER, le DSA et l'IRCT, a permis d'évaluer l'intérêt et les limites de diverses propositions techniques (intensification des productions végétales et introduction d'une sole fourragère à base de *Stylosanthes*) d'après leur incidence sur les besoins d'une population en croissance.

Les possibilités de paramétrage des coefficients de la fonction objectif (prix des facteurs de production et des produits), comme de ceux du niveau des contraintes, ouvrent des perspectives intéressantes. Les effets simulés d'une baisse du prix du coton sur l'extensification de la culture ou, au contraire, d'une hausse du prix du maïs sur l'intensification de cette culture et la réduction des surfaces de cotonnier donnent une idée favorable de la sensibilité du modèle et de la stabilité de la solution de base correspondant à la situation actuelle de l'agriculture. Il faut cependant mieux formaliser le comportement économique des paysans en introduisant des contraintes liant le risque et la trésorerie des ménages.

La dynamique des fronts pionniers

Au Rwanda, la crête Zaïre-Nil est une région naturelle située à l'ouest du pays, dont l'altitude culmine à 3 000 mètres. Large de 20 à 60 kilomètres et longue d'environ 160, elle est caractérisée par un relief accentué, un climat équatorial d'altitude à forts gradients altitudinaux de température et de pluviosité, des sols humifères acides et, enfin, de faibles densités de population dans les zones les plus élevées.

Cette région, partiellement forestière, constituait un front pionnier pour les populations exploitant les zones



d'altitude inférieure à 2 000 mètres. Le projet forestier et agricole de la crête Zaïre-Nil, avec le coup d'arrêt au défrichement de la forêt et la création de blocs théicoles, fourragers ou de reboisement, a mis un terme à cette dynamique de front pionnier. Cela se traduit par une intensification des systèmes de production dans les zones de moyenne altitude et l'émergence de nouveaux systèmes de production adaptés aux zones les plus hautes. Au sein de la cellule de recherche-développement du projet, l'IRAT, puis le DSA, ont coopéré avec l'ISAR depuis 1983 à l'analyse du milieu physique et des pratiques agricoles, à la mise au point d'innovations (variétés, fumure, techniques d'élevage) et au suivi des résultats de leur adoption par les paysans. Une synthèse des travaux a été réalisée en 1991, axée en particulier sur le fonctionnement et les perspectives d'évolution des exploitations agricoles dans un contexte organisationnel marqué par le caractère très directif des structures publiques d'encadrement du monde rural.

En Côte-d'Ivoire, le DSA et la GTZ ont réalisé une étude dans le département d'Abengourou pour évaluer les possibilités de protéger les derniers lambeaux de forêt restant après le passage du front de défrichement lié au boom cacaoyer.

Dans la situation de crise des filières du café et du cacao, de vieillissement des plantations et des exploitants agricoles, l'attrait de la forêt est plus fort que jamais pour les jeunes qui veulent s'installer comme planteurs de cacaoyer. Les enquêtes réalisées auprès des planteurs révèlent l'existence de nombreuses initiatives techniques pour remplacer la plantation.

Ces initiatives — par exemple : reconversion de vieilles caféières ou diversification des systèmes de production par l'élevage — ne peuvent cependant pas se généraliser tant que les planteurs ne sont pas contraints de renoncer à l'idée qu'il y a quelque part un lambeau de forêt à défricher. Elles ne peuvent pas non plus se développer si les planteurs ne sont pas secondés par des formes de crédit et d'approvisionnement en facteurs de production mieux adaptées à leurs projets.

■ FORMATION

Cultures pérennes : formation de cadres indonésiens

Onze cadres indonésiens du développement des cultures pérennes ont bénéficié en 1991 d'une formation à la fois théorique et pratique organisée par le CNEARC et le CIRAD. Cette formation de deux ans a comporté un premier stage en 1990 dans un pays africain (Côte-d'Ivoire, Togo ou Cameroun) et un second stage dans leur pays en 1991.

L'objectif était de faire découvrir à des cadres du développement, ayant habituellement une approche sectorielle et normative des interventions en milieu rural, l'intérêt d'une connaissance des pratiques et des stratégies des planteurs. La majorité des stagiaires ont été sensibles à cette nouvelle méthode de travail ; les rapports qu'ils ont produits contribuent à la connaissance des planteurs de caféier, de cacaoyer et d'hévéa en Indonésie. Pour que l'objectif soit durablement atteint, il faut cependant qu'ils gardent des contacts avec leurs collègues du CIRAD en Indonésie.



ECONOMIE ET SOCIOLOGIE

*Les politiques de stabilisation,
d'ajustement structurel et de libéralisation
engagées depuis plus de dix ans
par de nombreux pays modifient peu à peu
le fonctionnement du monde agricole et rural.
Le CIRAD en analyse les effets sur les marchés,
sur les organisations paysannes, sur l'économie
des ménages agricoles et leur accès au crédit
dans diverses régions du monde.
La question foncière revient à l'ordre du jour :
on la retrouve dans les études de compétitivité
comparée entre les filières nationales
et dans les analyses relatives
au statut des ressources naturelles.*

■ Economie des filières et des produits

L'avenir du riz en Afrique

Les riz des périmètres irrigués africains sont produits à un coût beaucoup plus élevé que les riz asiatiques ; ces derniers pénètrent de plus en plus les marchés africains. La question de l'avenir des riz irrigués est donc posée. Commencées en 1989, les recherches de l'IRAT sur les filières rizicoles progressent dans plusieurs directions.

La base de données Osiriz, issue d'une collaboration entre la CCCE, l'ONIC et le CIRAD, enregistre en permanence les données sur le commerce du riz. Elle est constituée de trois ensembles complémentaires. Le premier recueille des informations détaillées sur les échanges mondiaux (quantités, qualités, prix, origines, destinations). Le deuxième, réalisé en collaboration avec l'IRRI, rassemble des données

macroéconomiques nationales des pays producteurs de riz. Le troisième porte sur les filières nationales : commercialisation du riz local et du riz importé. Cette base devrait permettre de mieux connaître les dynamiques rizicoles nationales et la nature de la compétition internationale sur les marchés.

En raison de nombreuses défaillances des infrastructures, les riz africains ne sont généralement pas compétitifs par rapport aux riz importés. Mais on observe des glissements dans la concurrence sur le marché africain. Jusqu'en 1989, les importations venaient essentiellement de la Thaïlande, qui, alors, ne subventionnait pas sa production, et des Etats-Unis, qui la subventionnent largement et ont un programme d'aide alimentaire. Fortement concurrencée par le Vietnam, la Thaïlande commence à soutenir son riz. Les importations et les programmes d'aide contrarient la production locale africaine et déstabilisent les réseaux privés d'importation qui tentent — incités en cela par les gouvernements — de s'établir pour se substituer aux systèmes étatiques.



Les analyses portent particulièrement sur les activités des marchands africains, dont le rôle est déterminant dans la formation des prix. Ils les influencent par leurs importations, par leur capacité de réexportation dans des pays voisins, ou simplement par leur intervention dans la collecte des produits locaux. Les travaux portent aussi sur les dynamiques productives locales, en particulier dans les zones de bas-fond d'Afrique de l'Ouest.

L'avenir du maïs en Afrique

Bien que sa consommation n'y soit pas généralisée, le maïs est un aliment traditionnel des populations côtières du golfe de Guinée. Depuis longtemps, les gouvernements de la région cherchent à en étendre la production et la consommation.

Une analyse détaillée de la production, du marché et de la consommation du maïs a été entreprise en Côte-d'Ivoire dans le cadre d'une collaboration avec le CIRES et l'INRA. Dans ce pays, le gouvernement a cherché à amorcer la production de maïs à partir du marché des aliments du bétail et des volailles, marché lui-même commandé par celui des viandes. Le secteur traditionnel s'est adapté spontanément à cette demande nouvelle ; cependant, ce ne sont pas les zones de culture maïsicole du Nord qui ont développé leur production, mais la région forestière du Centre-Ouest, vouée à la culture cacaoyère et caféière. Les migrants, venant des savanes, avaient l'habitude de cultiver le maïs, et une véritable complémentarité de l'occupation des terres et de l'emploi de la main-d'œuvre s'est instaurée entre les plantations et cette culture vivrière, ainsi d'ailleurs qu'avec le cotonnier.

On attendait de cette stratégie que s'établissent des circuits permanents entre producteurs maïsicoles et industriels des aliments. Or, pour s'approvisionner auprès des producteurs locaux, les industriels leur demandent des prix compétitifs avec ceux des céréales importées. Cela impose aux producteurs des prix bas entraînant une limitation de leur production. L'Etat se trouve placé devant le dilemme suivant : soit il approvisionne l'industrie à moindre coût, soit il soutient la maïsiculture nationale. La question du degré de protection se pose donc en permanence.

■ L'émergence d'un mouvement paysan

Les organisations rurales

Face au désengagement des Etats de leurs fonctions d'encadrement du monde rural, l'enjeu de la professionnalisation de l'agriculture est considérable. La capacité des organisations paysannes à nouer des relations de partenariat avec des services techniques publics et des opérateurs privés dépend de l'environnement politique dans lequel elles se développent, de leur aptitude à définir des thèmes mobilisateurs (culturels, sociaux, économiques), de leur capacité d'organisation interne et d'alliances externes.

Les analyses réalisées en commun par le DSA et l'IRAM dans plusieurs organisations paysannes du Sénégal, du Mali, du Burkina Faso, du Cameroun et de Madagascar mettent l'accent sur les disparités institutionnelles nationales et régionales, les foisonnements, les concurrences, qui témoignent de l'activité des dynamiques économiques et sociales. Cependant, en l'état actuel des rapports de force, ces organisations ne semblent pas en mesure de peser en faveur de politiques agricoles plus propices au monde rural, sauf peut-être au Sénégal, où des fédérations d'organisations acquièrent peu à peu une compétence économique et une autonomie, intellectuelle et financière, qui les démarquent politiquement.

Une étude plus précise a été menée par le DSA et le CIEPAC dans la région du fleuve Sénégal, en coopération avec l'ISRA et la SAED.

On observe, dans le delta, une intense dynamique de structuration tant d'organisations paysannes de base que d'organisations fédératives. Cette dynamique est également sensible dans la vallée, mais les données disponibles y sont moins nombreuses car les recherches ont commencé dans le delta.

Les organisations paysannes de base sont, pour la plupart, des groupements d'intérêt économique fondés pour avoir accès à la terre et au crédit.



Mais elles n'ont pas toujours obtenu satisfaction auprès des communautés rurales ou de la Caisse de crédit agricole de Saint-Louis.

Dans la phase actuelle, ces structures de base sont de taille très variée (de 10 à 100 membres) et leur organisation dépend largement des objectifs visés : groupements d'intérêt économique de contrôle foncier, d'accès au crédit et aux services, agropastoraux ou spécialisés dans la prestation de services. Leurs résultats économiques et leur durée de vie sont également variables.

Les « fédérations » ou « unions » d'organisations de base sont de deux types. Les unes ont reçu de la SAED un mandat de gestion des aménagements hydrauliques. Leur fonction principale consiste à gérer la distribution de l'eau et le calendrier cultural, ainsi que les demandes groupées de crédit et de services. Les autres, organisations fédératives régionales, assurent des fonctions plus larges : accès à la terre, aménagements hydrauliques et équipements. La plus ancienne, l'ASESCAW, met l'accent sur la planification, la formation technique, la formation à la gestion des cadres des organisations de base. Toutes se préoccupent de diversification des cultures, de maîtrise de l'aval de la production rizicole et souhaitent développer des relations extérieures ; ainsi, certains dirigeants ont visité le Centre français du riz en 1991.

La nouvelle économie villageoise

La décentralisation partielle des activités de l'Etat apparaît inéluctable dans les nombreux pays appelés à un ajustement structurel long. Les institutions locales vont donc hériter de fonctions dont la nature est considérée localement comme publique : par exemple la gestion des domaines communs, terres de culture, pâturages, eaux, ou bien des services d'éducation ou de voirie. Les institutions villageoises deviennent ainsi un objet de recherche en économie et sociologie pour les travaux futurs. Ces institutions et les règles locales de gestion du bien commun ainsi que le droit coutumier pourront-ils permettre un développement durable ?

Une analyse, réalisée par l'IEMVT, de la gestion de pâturages communautaires du Sahel montre que, faute d'un renouvellement des conventions sociales réglementant l'accès aux ressources fourragères, un équilibre (non coopératif) s'établit entre les usagers. Ailleurs, il existe des conventions d'équité et des règles qui assurent le renouvellement des ressources. L'introduction de nouvelles techniques pose de difficiles problèmes de négociation entre usagers pour assurer une juste distribution des nouveaux avantages ; cela n'est cependant pas impossible. L'innovation dans un cadre collectif impose donc la négociation d'un nouvel équilibre coopératif au sein des instances locales.

■ L'économie des ménages agricoles

Les besoins en crédit

L'analyse des systèmes de production et de leur trésorerie donne une appréciation satisfaisante des besoins en financement et en services financiers des exploitations. Des recherches sont menées par le DSA et l'IRCT dans des milieux très différents : au Mexique dans de petites exploitations caféières, au Sénégal dans les exploitations mécanisées du delta du fleuve, dans les zones cotonnières d'Afrique de l'Ouest, en particulier au Togo et au Burkina Faso, dans les différents types d'exploitation (traction bovine et motorisation). Outre les besoins en crédit bien connus en période de soudure, les études montrent que les producteurs manquent de fonds propres pour avoir accès aux crédits d'équipement proposés par les banques, et qu'ils ont souvent recours à des formules complexes d'emprunt auprès de tiers pour réunir une somme qui apparaîtra comme un apport personnel.

Modèles de ménages agricoles

L'étude économique des petites unités de production agricole se fait généralement en utilisant des modèles de ménages qui, pour la plupart, postulent les mêmes

■ RENCONTRES INTERNATIONALES

Séminaire sur le crédit agricole et rural

Organisé par l'université et la Caisse nationale du crédit agricole du Burkina Faso, l'INERA, l'université de l'Etat de l'Ohio et le CIRAD, un séminaire sur le crédit agricole s'est tenu à Ouagadougou en octobre 1991. Les réflexions sur la relance du développement rural en Afrique de l'Ouest soulignent de plus en plus le rôle majeur des aspects financiers à l'échelle microéconomique. D'un côté, les connaissances acquises sur les unités de production agricole et sur les ménages ruraux mettent en évidence l'importance des contraintes financières sur leur capacité de progression économique et technique. De l'autre, les services financiers à caractère institutionnel, répercutant les mesures d'ajustement structurel, sont difficilement accessibles aux ménages ruraux. Cela conduit à s'interroger sur les possibilités qu'offre le secteur informel traditionnel, qui fonctionne assez bien. Les tontines, les groupes familiaux, garde-monnaie, usuriers et boutiquiers créent un réseau de surveillance, de confiance et de solidarité remplaçant les garanties en capital réclamées par les prêteurs dans leurs opérations. Cependant, ce système financier reste très éclaté et limité dans le nombre et le volume des transactions. Il ne pourra se développer que s'il est connecté avec le système financier formel. De là est venue l'idée de combiner les deux formules. Des projets de crédit mutuel d'un type nouveau se font jour. Ils réalisent de petites opérations, réduisent au minimum les coûts de transaction et d'intermédiation, assurent des services financiers diversifiés (collecte de l'épargne, prêts divers), et sont rigoureux quant au respect des conditions d'octroi et de remboursement des prêts. L'unification des marchés financiers ruraux qui pourrait en résulter contribuerait largement à la constitution d'une économie de marché généralisée.

hypothèses de base. L'unité de recherche en perspectives et politiques du GERDAT a rapproché le modèle de Singh, Squire et Strauss de différents « faits stylisés » décrivant les comportements de ménages de la région de Nicoya, au Costa Rica. Elle en conclut que l'on peut ajouter à ce modèle de base des contraintes sur le calendrier de travail et le financement des activités, spécifier les imperfections du marché du travail et celles des productions vivrières, introduire des rigidités dans la mobilité des facteurs de production, et enfin qu'il conviendrait de spécifier le comportement des ménages face aux aléas de la production.

■ Politiques agricoles

L'adaptation des producteurs aux baisses de prix

Les producteurs de café et de cacao du Cameroun, comme d'autres pays d'Afrique, d'Amérique latine et d'Asie, sont touchés par la baisse des prix. Le DSA montre que leurs efforts pour conserver des revenus monétaires suffisants pour leurs besoins habituels relèvent de trois types de comportement. Dans le premier cas de figure, ils intensifient et se spécialisent : stratégie d'entreprise ou d'accumulation foncière. Le deuxième atteste d'une résistance pour la survie économique : recherche d'autres opportunités de production (marché vivrier) ou de revenus externes à l'exploitation. Le troisième privilégie la production alimentaire et la diversification en attendant une reprise des cours : attitude de minimisation du risque et d'attente.

Dans tous les cas, les dépenses régressent, les achats d'intrants se réduisent. Les travaux agricoles concernant les cacaoyères et caféières devraient se limiter progressivement aux parcelles les plus productives. La diversification vers les produits vivriers trouvera rapidement sa limite en raison de la saturation des marchés locaux.

Politiques économiques et secteur agricole

Ainsi que le remarquent d'autres observateurs, les politiques économiques générales semblent jouer

un rôle plus important que les mesures spécifiques de politique agricole.

En Amérique latine, quelques études de cas (Colombie, Equateur, Costa Rica, Mexique, Venezuela) montrent que, si les mesures de compression de la demande prises au cours de la phase de stabilisation ont touché l'ensemble de l'économie, le secteur agricole en a été particulièrement affecté : suppression des subventions, réorientation du crédit, chute des investissements et des moyens de fonctionnement destinés au secteur agricole. En revanche, les mesures d'ajustement, et notamment la modification des prix relatifs, n'ont pas eu les effets escomptés sur la croissance agricole. Ces différentes mesures ont contribué à fragiliser les petites exploitations à dominante familiale, et cela pour diverses raisons. Tout d'abord, la réduction des dépenses publiques agricoles a touché plus spécifiquement les cultures qu'elles produisaient. D'autre part, ces exploitations familiales n'ont pu profiter que très partiellement des politiques incitatives visant à développer les cultures d'exportation. Ne disposant généralement ni de capacités de financement ni d'un accès direct au marché international, elles ont dû se soumettre aux conditions du très petit nombre d'entreprises qui a capté les principaux bénéfices de l'augmentation des prix due à la dévaluation et aux incitations fiscales de toute nature.

Les pays concernés ne pourront éviter de redonner à la majorité des petits producteurs des conditions leur permettant de participer aux processus productifs nationaux ou régionaux, car les agricultures qu'ils pratiquent sont principalement destinées à soutenir la demande interne, nationale ou régionale. On peut se demander si de telles mesures ne seraient pas plus efficaces dans le cadre de politiques d'intégration et de soutien des marchés agricoles à l'échelle régionale que dans le cadre de politiques nationales.

Politiques agricoles et productivité

Dans le cadre d'une action concertée sur les politiques agricoles, le CERDI a organisé en collaboration avec le CIRAD et l'IFPRI un séminaire sur les performances et politiques comparées des pays d'Asie et d'Afrique

■ PUBLICATION

Les politiques agricoles et alimentaires en Afrique

Dans sa collection Méthodologie, le ministère de la Coopération et du Développement a publié en 1991 avec la collaboration du CIRAD un ouvrage intitulé Les politiques agricoles et alimentaires en Afrique, méthodes et outils d'analyse et d'aide à la décision.

Suivant la tradition des ingénieurs économistes, ce livre propose des outils et des méthodes pour élaborer des politiques agricoles en cohérence avec les politiques macroéconomiques générales. La méthode part de l'analyse du secteur agricole, étendu au secteur agro-industriel, agroalimentaire et à l'économie rurale, puis propose de réaliser une étude prospective et de déboucher sur l'élaboration de choix. Chacune des phases s'applique à six domaines : l'écologie et la base productive de l'agriculture, les aspects démographiques et sociaux, les systèmes et structures de production, les filières et les questions relatives aux prix et aux marchés, les institutions impliquées dans l'ensemble du secteur, et enfin les relations entre économie générale et économie agricole.

Le raisonnement proposé prend en compte l'ensemble des contraintes spécifiques du secteur agricole dans l'élaboration d'une politique macroéconomique. On observe en effet que les politiques macroéconomiques ont souvent plus d'effet sur le secteur agricole que les politiques spécifiques à ce secteur. Il devient donc indispensable de mieux associer les responsables sectoriels à la définition des politiques générales ; cet ouvrage y aide. Un autre trait caractéristique du raisonnement proposé est de situer les politiques économiques dans des perspectives de développement à long terme. Cela permet de s'assurer que le modèle de croissance économique qui est proposé est réellement durable.

■ RENCONTRES INTERNATIONALES

La croissance agricole en Afrique et en Asie : démographie, urbanisation, pauvreté

A l'initiative du CIRAD et du CERDI, John Mellor, directeur de l'IFPRI jusqu'en 1990, a fait à Montpellier une importante conférence sur les croissances agricoles comparées en Afrique et en Asie : conditions naturelles, démographie, densité de population en tant qu'elle conditionne les coûts des services et des infrastructures, politiques économiques et institutions. Il a remarqué que l'échec de l'Afrique à faire émerger un consensus sur le fonctionnement des institutions empêche les services publics de jouer un rôle efficace. Par ailleurs, l'Afrique, à la différence des pays asiatiques au début de la révolution verte, n'a pas suffisamment innové dans le secteur agricole.

Pour J. Mellor, les innovations biologiques jouent un rôle clé : en accroissant la productivité, elles entraînent une élévation du revenu national, et donc de la demande alimentaire, en particulier en viandes et produits de l'horticulture. Cette demande, à son tour, stimule l'offre agricole. Ce modèle de croissance est relayé par l'émergence d'une industrialisation rurale liée à la transformation des produits et aux besoins de l'agriculture. L'agriculture peut donc constituer une « locomotive » pour une croissance économique fondée sur la consommation intérieure. C'est par ailleurs une condition indispensable à la réduction de la pauvreté. Aussi la recherche agronomique et l'éducation rurale (en particulier au niveau secondaire) apparaissent-elles de plus en plus comme deux priorités pour stimuler l'innovation, laquelle doit entraîner la croissance.

à faible revenu. Comme l'Asie il y a 40 ans, l'Afrique doit accroître rapidement sa production et la productivité de son agriculture afin de subvenir aux besoins alimentaires des populations. Or, la productivité agricole dépend d'un très grand nombre de variables, les unes directement liées aux producteurs, les autres, les plus nombreuses, à l'environnement économique de la production. Une analyse rapide de ces variables en Asie et en Afrique montre le rôle déterminant des politiques agricoles dans l'accroissement de la productivité des exploitations. Sur une longue période, la densité de la population rurale et la nature des institutions foncières jouent un rôle déterminant, ainsi que le fonctionnement des échanges économiques et du marché. La capacité des administrations à proposer des politiques cohérentes et vouées à une certaine continuité constitue donc souvent un préalable à la croissance agricole. La comparaison entre l'Afrique et l'Asie met par ailleurs en lumière l'importance d'un réseau d'infrastructures de communication entre les villes et leur zone d'influence pour stabiliser les circuits d'approvisionnement et généraliser rapidement l'économie de marché.

■ Gestion des ressources naturelles renouvelables

Le CIRAD dispose, en matière d'analyse et de gestion technique des ressources naturelles renouvelables, de nombreuses références. Néanmoins, l'analyse économique de leur durabilité et la résolution des conflits économiques et sociaux liés à la dégradation de l'environnement n'avaient pas encore fait l'objet de recherches spécifiques.

Une stratégie de recherche sur les externalités

Différents travaux ont été entrepris pour définir une problématique de recherche sur la gestion des ressources naturelles renouvelables et le développement durable. Ils portent principalement sur des problèmes locaux : gestion de pâturages communs, de terroirs, d'eaux d'irrigation, de la pêche et de la chasse, accès au bois



de feu et à l'utilisation des forêts. A la suite d'un séminaire organisé en septembre 1991 à Montpellier, le comité scientifique de la Mission économie et sociologie a examiné la possibilité de mener les recherches à partir de l'analyse des externalités qui se manifestent dans le secteur rural à différentes échelles : changement global, changement à une échelle locale, par exemple de bassins versants, de villages, ou d'une unité de production. La stratégie proposée s'inspire des travaux menés en France sur la gestion des externalités dans le domaine agricole.

Le statut foncier de l'arbre en Afrique

Marqueur du territoire, source de revenu, source d'énergie, obstacle à la mise en culture ou refuge des esprits, l'arbre est au centre de nombreux problèmes,

fonciers et sociaux. C'est dire s'il est géré selon un ensemble de règles, coutumes et usages, écrits ou oraux, qui organisent les relations sociales à son sujet. Le statut foncier des arbres est très différent selon que l'on se trouve dans une situation préagricole (forêt naturelle), en mutation vers l'agriculture (défrichement) ou purement agricole. De plus, la diversité des sociétés concernées est telle que l'éventail des situations est très important. Le CTFT a montré que, malgré cette diversité, une grande constante semble se dessiner : la disjonction du droit de la terre et du droit de l'arbre. L'arbre est en effet le bien privé de celui qui l'a planté, alors

que la terre reste encore dans un grand nombre de cas un bien commun. Ainsi, on peut dire de manière simplifiée que cette situation induit l'appropriation des terres portant les plantations et interdit l'utilisation de l'arbre dans des systèmes de production agricole. Certes, les modèles techniques de production agricole devront à l'avenir prendre en compte cette contrainte. Mais seule une refonte du droit permettra d'inclure les arbres dans les systèmes de production.

▼ La Mission économie et sociologie

Chargé de mission
Michel Griffon

Comité scientifique

• Président

Philippe Lacombe

• Membres externes

Jean-Pierre Bertrand, INRA

Catherine Bonjean, CERDI

Pierre Campagne, IAM

Jean Chataigner, INRA

Johnny Egg, INRA

Jean-Marc Gastellu,

ORSTOM

Jean-Charles Hourcade,

CNRS

Michel Labonne, INRA

Yves Léon, INRA

Jean-Pierre Prod'homme,

INA-PG

Michel Vernières,

université Paris I

Jacques Weber, IFREMER

• Membres internes

Un représentant

par département

▼ Les thèses soutenues en 1991

La filière maïs en Côte-d'Ivoire. Un exemple d'adaptation spontanée des appareils de production et de commercialisation à l'extension du marché intérieur, par Jean-Louis Fusillier, université Montpellier I. Département IRAT.

LE CIRAD EN BREF

L'organisation générale

Les conseils

Les directeurs d'agence, délégués et correspondants

Les départements et leurs programmes

Le CIRAD dans le monde

Le budget

Les personnels du CIRAD

La formation de chercheurs étrangers

L'organisation



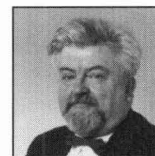
Conseil d'administration
Président
Jacques Poly



Directeur général
Henri Carsalade



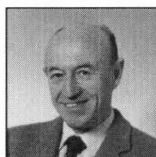
Secrétaire général
Jean-Marie Sifferlen



Conseil scientifique
Président
André Berkaloff



**Président
du centre
de Montpellier**
Bernard Bachelier



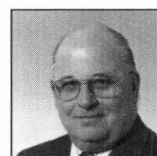
**Directeur
des relations
extérieures**
Pierre Dubreuil



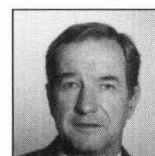
Directeur scientifique
Hubert Manichon



CTFT
*Jean-Marc
Dubois*



IEMVT
*Georges
Tacher*



IRAT
*Didier
Picard*



IRCT
*Michel
Braud*



IRCA
*Alain
Weil*



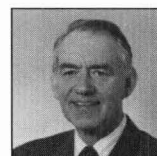
IRCC
*Paul
Gener*



IRHO
*Christian
Brunin*



IRFA
*Jean-Marie
Charpentier*



CIRAD-SAR
*Jacques
Lefort*



GERDAT
*Jean-Marie
Sifferlen*

générale du CIRAD au 1^{er} janvier 1992

Secrétariat général et services centraux

Conseiller spécial
Raoul Tuffery

Personnel
Danielle Bonneau

Finances
Marc Gélis

Affaires juridiques
Hervé de Font-Réaulx

DOM-TOM
Gérard Montagnet

Directeurs d'agence
dans les DOM-TOM
(voir page 101)

Formation
Jacques Dubernard

Information scientifique et technique
Jean-François Giovannetti

Informatique
Joël Sor

Analyses de sols et de plantes
Paul Fallavier

Direction des relations extérieures

Directeur adjoint
Michel de Nucé de Lamothe

Afrique
Roland Guis

Amérique latine
Jean Laboucheix

Asie, Pacifique sud
Patrick Safran

Organisations
internationales
Marie de Lattre

Valorisation
François Challot

Communication
Anne Hébert

Relations presse
Benoît Catrisse

Délégués et correspondants outre-mer
(voir page 101)

Audit interne

Auditeur interne
Antoine Bourgeois

Direction scientifique Missions par champ disciplinaire

Agronomie, gestion
de l'environnement
et des ressources naturelles
(AGER)
Christian Pieri

Connaissance
et amélioration des plantes
(MICAP)
Jacques Meunier

Défense des cultures
(MIDEC)
Jean-Loup Notteghem

Productions animales
(MIPA)
Gérard Matheron

Technologie
(MITECH)
François Challot

Economie, sociologie
(MES)
Michel Griffon

Télédétection
Jacques Imbernon

Biométrie
Jean-Claude Bergonzini

Les conseils du CIRAD

LE CONSEIL D'ADMINISTRATION EN 1991

Président **Jacques Poly**

Représentants de l'Etat **Rémy Pochat**, représentant du ministre chargé de la Recherche et de la Technologie
Jean Nemo, représentant du ministre chargé de la Coopération et du Développement
François Mongin, représentant du ministre chargé de l'Economie, des Finances et du Budget
Pierre Marsal, représentant du ministre chargé de l'Agriculture et de la Forêt
Gérard Plouchart, représentant du ministre chargé des Départements et Territoires d'outre-mer

Président de l'Institut national de la recherche agronomique **Guy Paillotin**

Personnalités extérieures au CIRAD choisies en raison de leurs compétences **Jacques Alliot**, directeur délégué à la CCCE
Alain Godard, directeur général de Rhône-Poulenc Agrochimie
Michel Levallois, président de l'ORSTOM
Marcel Mazoyer, professeur à l'INA-PG
Michel Teyssedou, président de la FDSEA du Cantal

Représentants du personnel **Henri Calba, Jean-Pierre Denis, Bernard Gaboriau, Jean-Joseph Lacoeuilhe, Jean Pichot, Ange-Marie Risterucci**

LE CONSEIL SCIENTIFIQUE EN 1991

Président **André Berkaloff**, université Paris XI

Membres externes **Lawrence Busch**, Michigan State University
Alain Coleno, INRA
Antoine Cornet, ORSTOM
Jacques Eckebil, IITA
Philippe Lacombe, ENSA Montpellier
Jean-Louis Rastoin, ENSA Montpellier
Giuseppe Valentini, CCE (DG XII)

Membres internes **René Billaz, Etienne Laville, Michel Benoît-Cattin, Vincent Dollé, Jacky Ganry, Philippe de Reffye, Marcel Tissot**

Directeurs d'agence, délégués et correspondants du CIRAD

DANS LES DÉPARTEMENTS ET TERRITOIRES D'OUTRE-MER

Guadeloupe	Jean-Jacques Baraer , <i>directeur</i>
Guyane	Jean-François Julia , <i>directeur</i>
Martinique	Patrick Daly , <i>directeur</i>
Nouvelle-Calédonie	Pierre Bourdin , <i>directeur</i>
Réunion	Jean Servant , <i>directeur</i>

A L'ÉTRANGER

Bénin	Christian Gaborel , <i>correspondant</i>
Brésil	Jean-Marie Kalms , <i>délégué</i>
Burkina Faso	Robert Nicou , <i>délégué</i>
Burundi	Gérard Fourny , <i>correspondant</i>
Cameroun	Jean-Louis Messenger , <i>délégué</i>
Congo	Olivier Hamel , <i>correspondant</i>
Costa Rica	Jean Laboucheix , <i>délégué pour l'Amérique latine et les Caraïbes</i>
Côte-d'Ivoire	François Pointereau , <i>délégué</i>
Etats-Unis	Jill Barr , <i>correspondant</i>
Gabon	Patrice de Vernou , <i>correspondant</i>
Guinée	Jacques Teissier , <i>correspondant</i>
Indonésie	Pierre Rondot , <i>délégué</i>
Madagascar	Jean-Louis Reboul , <i>délégué</i>
Mali	Jean Charoy , <i>délégué</i>
Maroc	François Bertin , <i>correspondant</i>
Philippines	Guy Bénard , <i>correspondant</i>
Sénégal	Edmond Viricelle , <i>délégué</i>
Tchad	Yves Maurice , <i>correspondant</i>
Thaïlande	Guy Machet , <i>correspondant</i>
Vanuatu	Claude Calvez , <i>délégué</i>

Les départements et leurs programmes au 1^{er} janvier 1992

CTFT

Centre technique
forestier tropical

Jean-Marc Dubois	<i>directeur</i>
Jean-Claude Bergonzini	<i>directeur scientifique</i>
Claude Thévin	<i>directeur administratif et financier</i>
Régis Peltier	Agroforesterie, conservation des eaux et du sol
Henri-Félix Maitre	Aménagement forestier
Oudara Souvannavong	Amélioration du matériel végétal
Bernard Parant	Technologie du bois

IEMVT

Institut d'élevage
et de médecine vétérinaire
des pays tropicaux

Georges Tacher	<i>directeur</i>
Gérard Matheron	<i>directeur scientifique (production animale)</i>
Gerrit Uilenberg	<i>directeur scientifique (santé animale)</i>
Jean-Vital Declouement	<i>directeur administratif et financier</i>
...	Ressources alimentaires
Dominique Planchenault	Ressources animales
Philippe Lhoste	Systèmes de production animale
Jérôme Lazard	Aquaculture et pêche
Pierre-Charles Lefèvre	Pathologie infectieuse
Gerrit Uilenberg	Pathologie parasitaire
Pierre-Charles Lefèvre	Ecopathologie

IRAT

Institut de recherches
agronomiques tropicales
et des cultures vivrières (1)

Didier Picard	<i>directeur</i>
Jean-Claude Follin	<i>directeur scientifique</i>
Alain Derevier	<i>directeur des programmes</i>
Jean-Louis Caminade	<i>directeur administratif et financier</i>
Michel Jacquot	Riz
Guy Rouanet	Maïs
Michel Hoarau	Canne à sucre
Patrick Salez	Sorgho
André Bockelee-Morvan	Oléagineux annuels
Patrick Daly	Cultures maraîchères
Jacques Marquette	Plantes diverses
Francis Forest	Climat-plante-production
Roger Bertrand	Terre-plante-production

(1) L'IRAT et l'IRCT formeront, le 1^{er} juillet 1992, le département des cultures annuelles (CIRAD-CA).

IRCT

Institut de recherches
du coton et des textiles
exotiques (1)

Michel Braud	<i>directeur</i>
Jean-Claude Follin	<i>directeur scientifique</i>
Jean-Louis Caminade	<i>directeur administratif et financier</i>
Michel Braud	Coton

IRCA

Institut de recherches
sur le caoutchouc (2)

Alain Weil	<i>directeur</i>
Jacques Meunier	<i>directeur scientifique</i>
Robert Jouanique	<i>directeur administratif et financier</i>
Alain Weil	Hévéa

IRCC

Institut de recherches
du café, du cacao et autres
plantes stimulantes (2)

Paul Gener	<i>directeur</i>
Jacques Meunier	<i>directeur scientifique</i>
Robert Jouanique	<i>directeur administratif et financier</i>
Daniel Duris	Café
Guy Mossu	Cacao

IRHO

Institut de recherches pour
les huiles et oléagineux (2)

Christian Brunin	<i>directeur</i>
Jacques Meunier	<i>directeur scientifique</i>
Robert Jouanique	<i>directeur administratif et financier</i>
Pierre Quencez	Palmier à huile
François Rognon	Cocotier

(1) L'IRAT et l'IRCT formeront, le 1^{er} juillet 1992, le département des cultures annuelles (CIRAD-CA).

(2) L'IRCA, l'IRCC et l'IRHO formeront, le 1^{er} janvier 1993, le département des cultures pérennes (CIRAD-CP).

IRFA

Institut de recherches
sur les fruits et agrumes

Jean-Marie Charpentier	<i>directeur</i>
Etienne Laville	<i>directeur scientifique</i>
Jacques Billod	<i>directeur administratif et financier</i>
Bernard Aubert	Agrumes
Pierre Martin-Prevel	Ananas
Jacky Ganry	Bananiers et plantains
Jean-Pierre Gaillard	Diversification fruitière

CIRAD-SAR

Département des systèmes
agroalimentaires et ruraux (3)

Jacques Lefort	<i>directeur</i>
Jean Pichot	<i>directeur scientifique</i>
Marc Le Moigne	<i>directeur des programmes et du développement</i>
Léandre Mas	<i>directeur administratif et financier</i>
Jean-Philippe Tonneau	Développement économique face aux risques
Bernard Leduc	Développement durable, diversification et marchés
Nicolas Bricas	Défis alimentaires urbains et promotion des entreprises para-agricoles
...	Développement local et approche institutionnelle

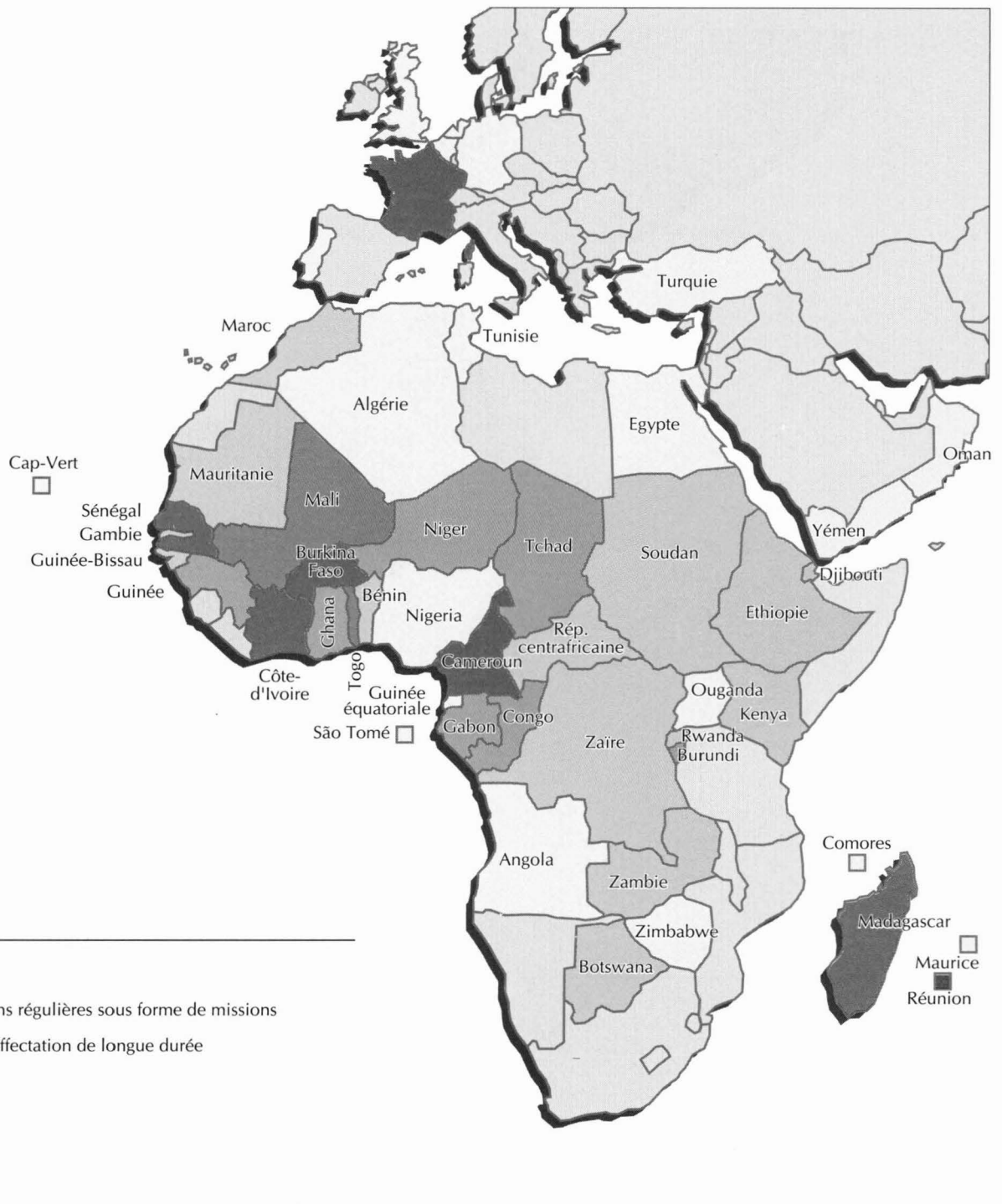
GERDAT

Département de gestion,
recherche, documentation
et appui technique

Jean-Marie Sifferlen	<i>directeur</i>
Vincent Fabre-Rousseau	<i>responsable administratif</i>
Michel Launois	Ecologie et acridologie (Prifas)
Jacques Schwendiman	Biologie moléculaire et cellulaire (Biotrop)
Philippe de Reffye	Modélisation des plantes (Amap)
Michel Griffon	Prospectives et politiques agricoles

(3) Né le 1^{er} janvier 1992 de la fusion des départements systèmes agraires (DSA) et mécanisation agricole et technologie (CEEMAT).

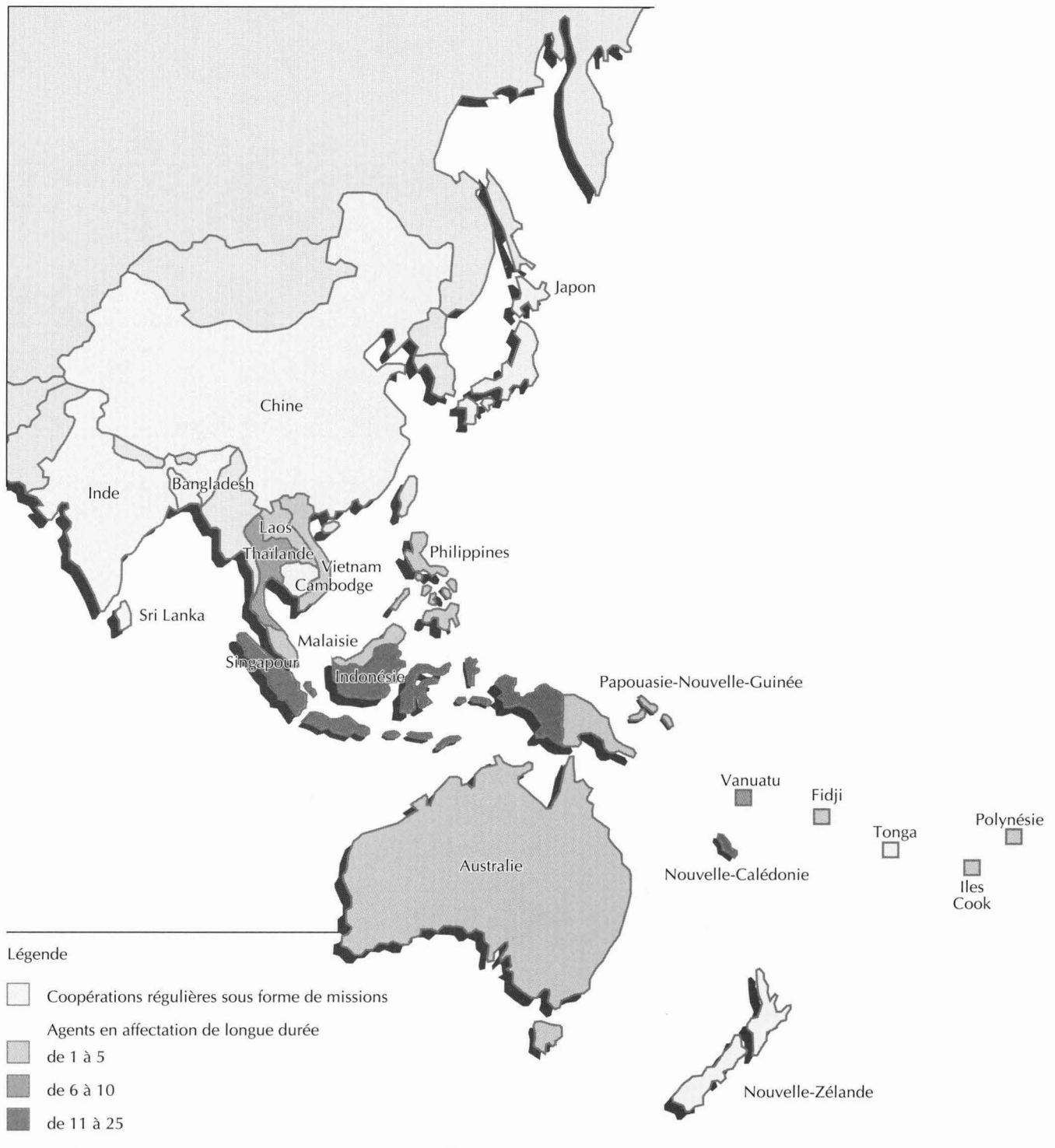
Le CIRAD en Afrique et dans l'océan Indien



Le CIRAD en Amérique latine et dans les Antilles

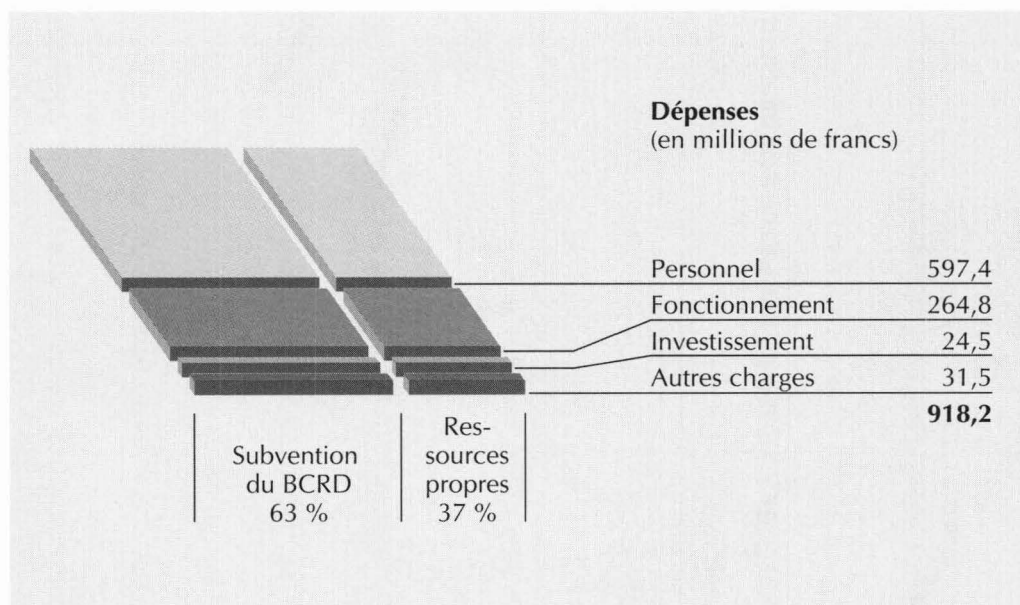


Le CIRAD en Asie et dans le Pacifique

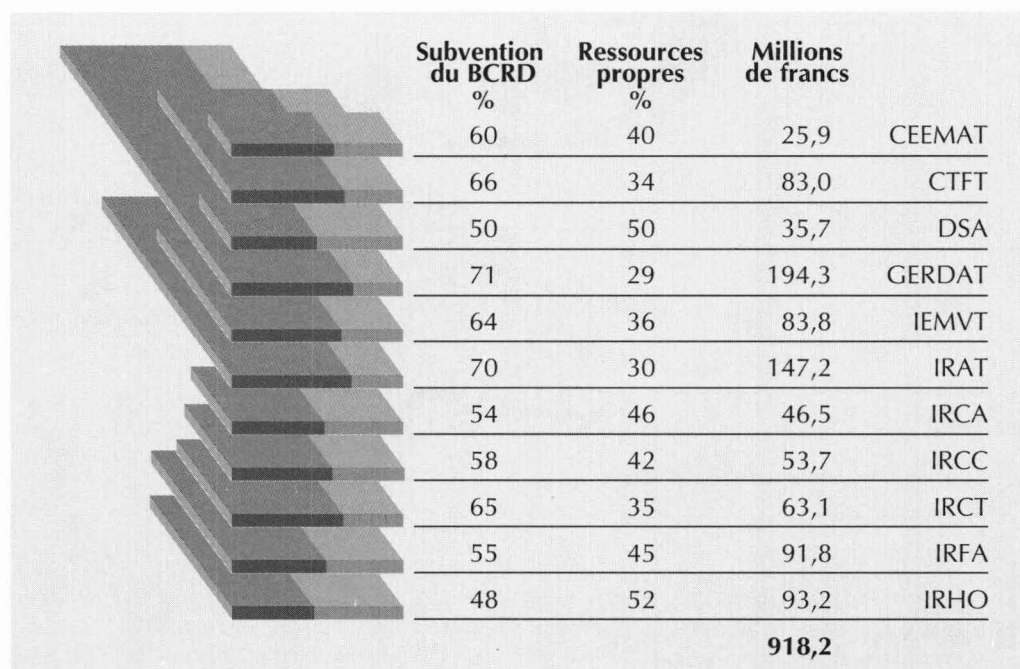


Le budget en 1991 : 918,2 millions de francs

Ressources et dépenses

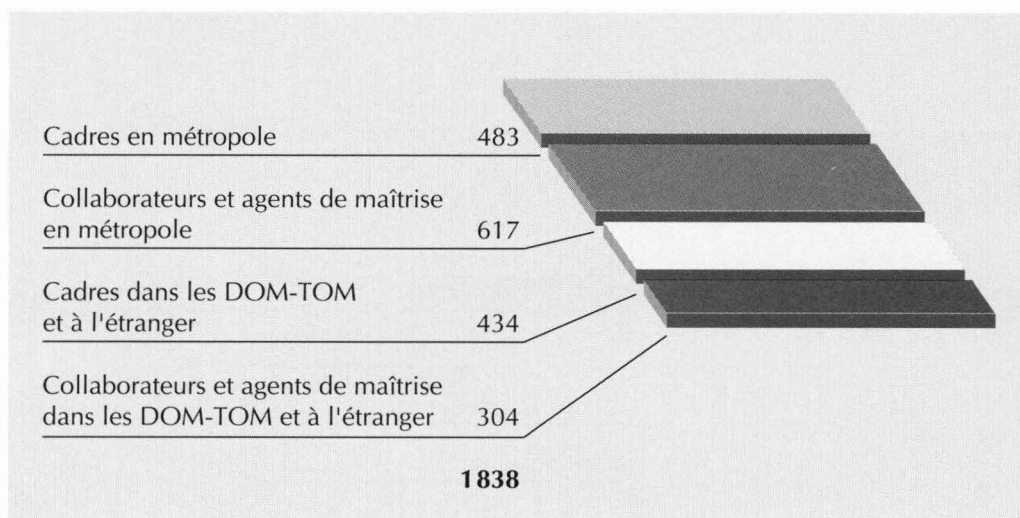


Répartition et origine des ressources par département

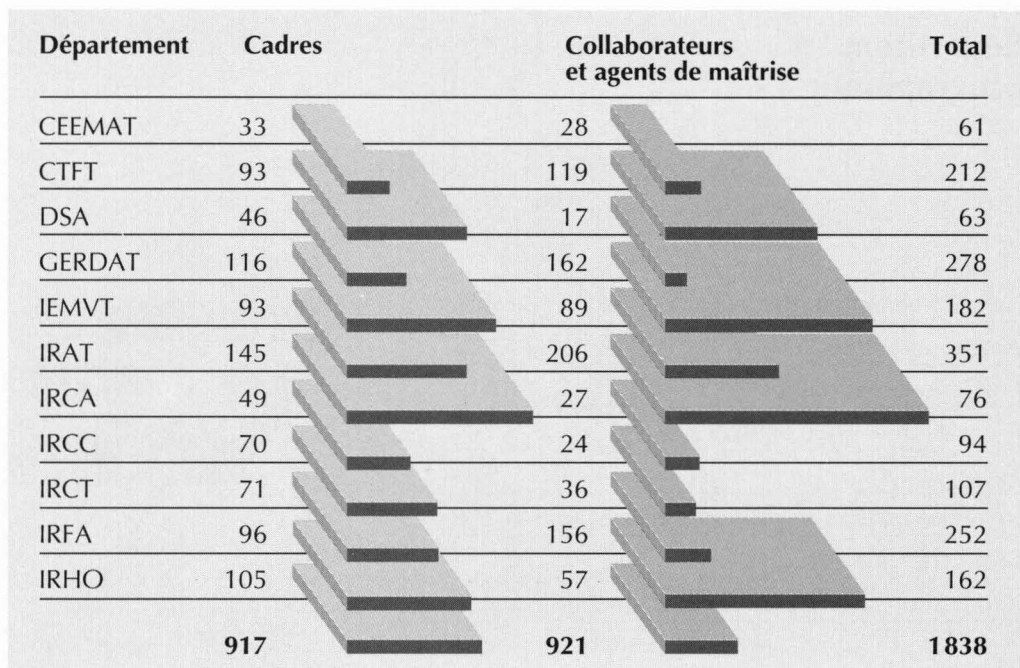


Les personnels du CIRAD : 1 838 agents*

Répartition par catégorie et localisation

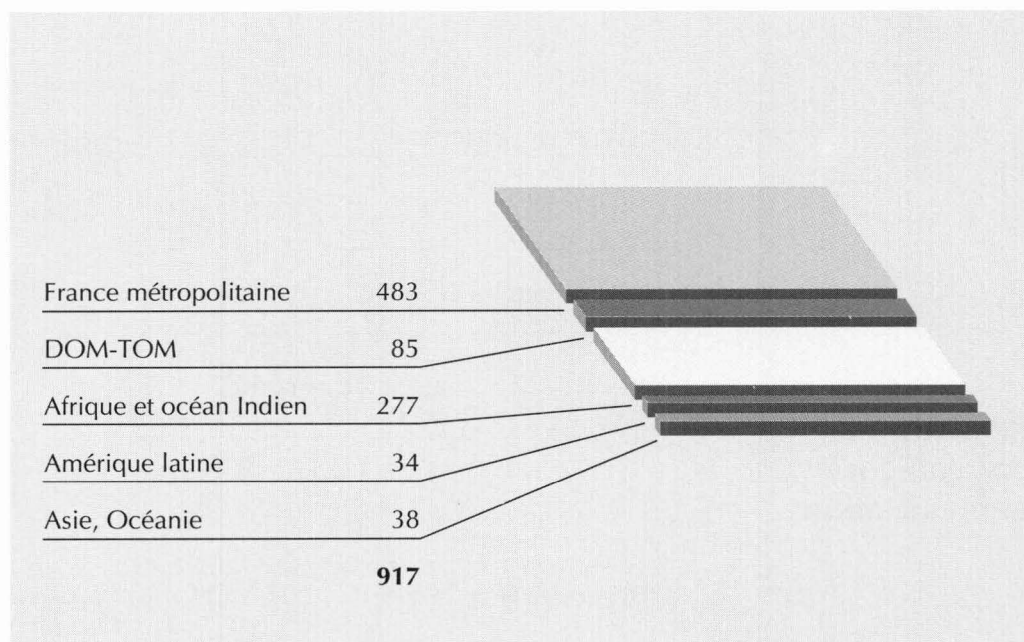


Effectifs par département

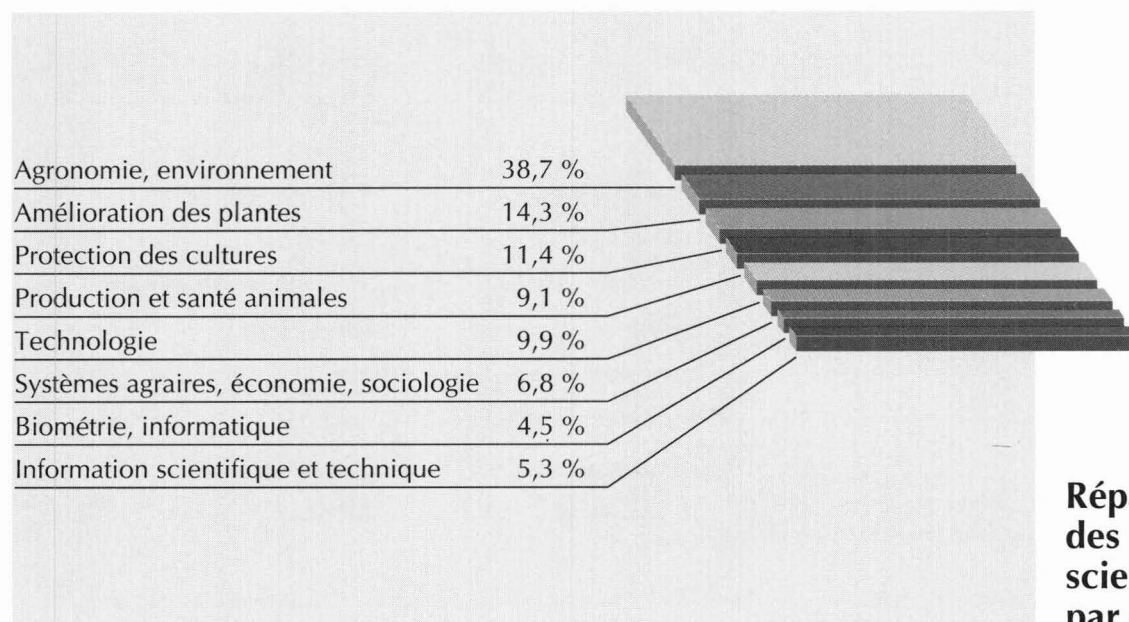


* Non compris les journaliers, les stagiaires, les allocataires de recherche, les vacataires, les volontaires du service national, les volontaires à l'aide technique et les agents mis à la disposition du CIRAD.

Les 917 cadres



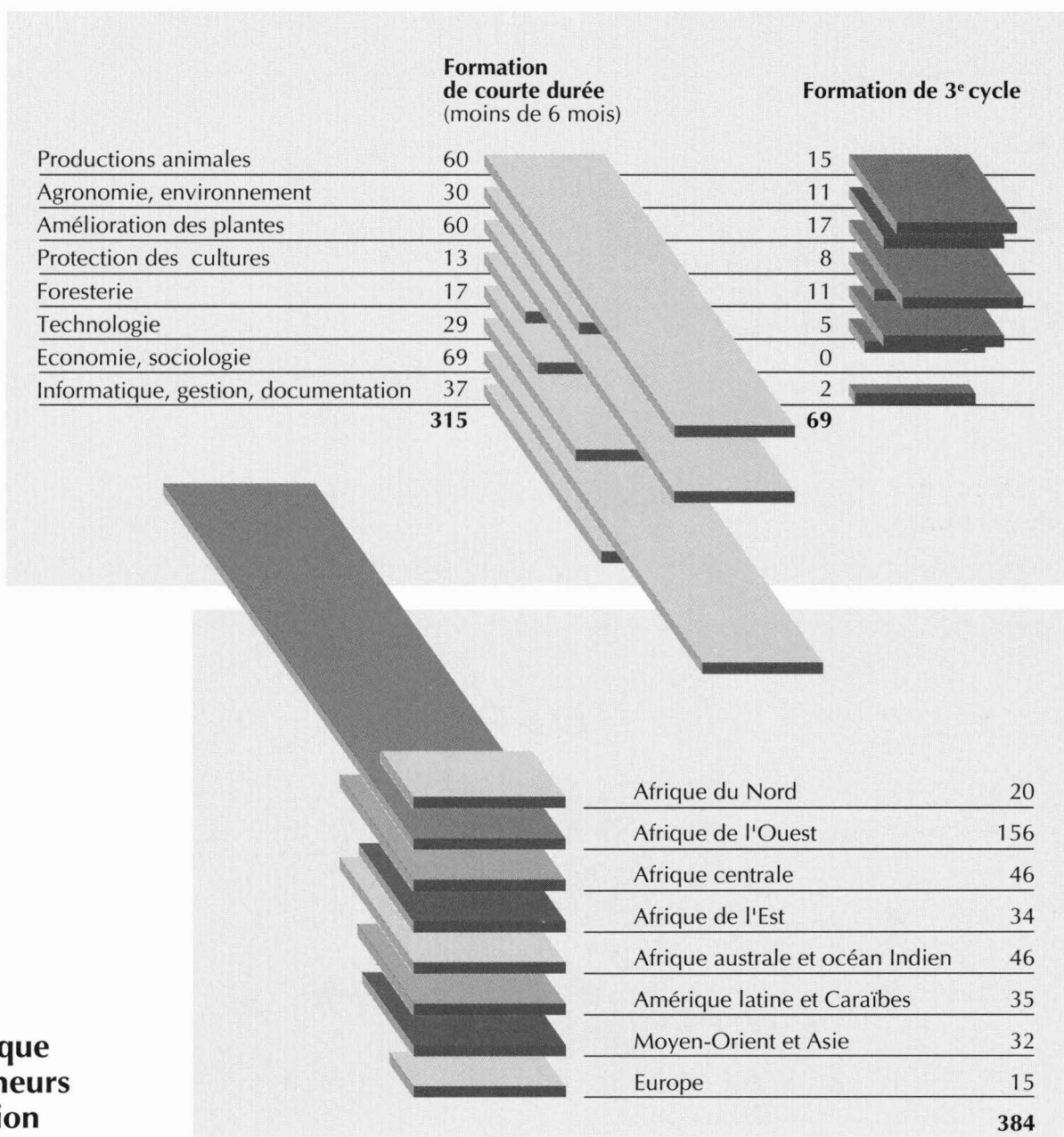
Répartition géographique



Répartition des cadres scientifiques par discipline

La formation de chercheurs étrangers en 1991

Répartition par discipline et type de formation



Origine géographique des chercheurs en formation

ANNEXES

Les actions thématiques programmées

Liste des sigles

Les adresses du CIRAD

Les actions thématiques programmées financées en 1991

Champ disciplinaire	Thème	Partenaires
AGRONOMIE, ENVIRONNEMENT		
Eau-sol-plantes	<i>Connaissance et fonctionnement hydrique des racines en sols dégradés</i>	Université de Hohenheim (RFA), INRA GERDAT, IRAT, IRHO
Connaissance du milieu et télédétection	<i>Reconnaissance des couverts végétaux et analyse des états de surface</i>	SOCFINDO (Indonésie) CTFT, IRCA, IRHO
	<i>Identification des cultures dans différents terroirs du Burkina Faso</i>	INERA (Burkina Faso) DSA, IRAT, IRCT
	<i>Intégration à des données satellitaires SPOT des données issues d'un modèle numérique de terrain et de documents cartographiques existants (Madagascar)</i>	FOFIFA (Madagascar), ORSTOM DSA, GERDAT, IRAT
Fertilité	<i>Fertilisation potassique et modélisation de l'offre</i>	DRA, IFDC (Togo), IDESSA (Côte-d'Ivoire), INERA (Burkina Faso), IMG, INRA GERDAT, IRAT, IRCT
	<i>Quantification et évolution du rôle d'un aménagement intégré sur les bilans hydriques et minéraux d'un bassin versant</i>	CEMAGREF, ENSAM, IMG, ORSTOM IRAT
Association de cultures	<i>Amélioration de la fertilité des sols dégradés par introduction d'Acacia mangium dans la rotation des cultures vivrières</i>	ORSTOM, CNRS CTFT
	<i>Caféiculture et association de légumineuses</i>	ISABU (Burundi) IRAT, IRCC
AMÉLIORATION DES PLANTES		
Sélection	<i>Amélioration des espèces forestières</i>	ENGREF CTFT
	<i>Stratégies d'amélioration des plantes pérennes</i>	INRA CTFT, IRCA, IRCC, IRHO
Biotechnologie	<i>Etude de la diversité génétique des plantes tropicales et de leurs parasites par RFLP</i>	INRA, CNRS, Limagrain GERDAT, IRCA, IRCC, IRFA

Champ disciplinaire	Thème	Partenaires
Biotechnologie (suite)	<i>Utilisation du RFLP pour l'analyse des populations des parasites des plantes : champignons et trypanosomes</i>	Institut G. Roussy, université Paris XI IRAT, IRCC, IRFA, IRHO
	<i>Embryogenèse somatique (palmier à huile, hévéa) et régulateurs de croissance</i>	CNRS, ORSTOM, université Paris VI GERDAT, IRCA, IRHO
	<i>Embryogenèse somatique et culture cellulaire en milieu liquide (hévéa, palmier à huile, riz)</i>	ORSTOM GERDAT, IRAT, IRCA, IRFA, IRHO
	<i>Transformation génétique du cotonnier et du caféier pour la création de plantes résistantes aux insectes</i>	PGS (Belgique), INRA GERDAT
Banques de données	<i>Banques de données génétiques</i>	INRA, INA-PG, ISIM, ORSTOM GERDAT, IRAT, IRHO
PROTECTION DES CULTURES		
Phytopathologie	<i>Etude du virus du clump de l'arachide en Afrique de l'Ouest</i>	CNRS, ORSTOM IRAT, IRHO
Entomologie	<i>Etude des vecteurs des pathogènes des cultures en régions chaudes</i>	INRA, ORSTOM GERDAT, IRAT, IRCC, IRFA, IRHO
	<i>Système d'avertissement agricole par l'utilisation des phéromones</i>	INRA IRCC, IRHO
	<i>Mise au point de tests précoces pour la résistance des plantes aux nématodes</i>	INRA, ENSA Rennes, ORSTOM IRCC, IRFA
Systèmes experts	<i>Systèmes experts d'aide au diagnostic et à la décision</i>	INRA GERDAT, IRCT
PRODUCTION ET SANTÉ ANIMALES		
Aquaculture	<i>Valeur alimentaire des sous-produits agricoles pour l'alimentation en pisciculture tropicale</i>	INRA, ORSTOM, IFREMER CTFT, IEMVT
Production animale	<i>Accroissement de la production fourragère des terroirs villageois</i>	IDESSA (Côte-d'Ivoire), ORSTOM DSA, IEMVT, IRAT

Champ disciplinaire	Thème	Partenaires
Santé animale	<i>Etude génétique de la résistance à la cowdriose des chèvres créoles de Guadeloupe</i>	Université de Berne (Suisse), INRA IEMVT
TECHNOLOGIE		
Filières	<i>Innovations technologiques dans la production alimentaire (filieres courtes)</i>	ENSIAAC (Cameroun), ENEA, ISRA, CIEPAC (Sénégal), ENSIA, ORSTOM CEEMAT, DSA, IRAT
Procédés	<i>Valorisation par la stabilisation de produits alimentaires d'origine animale</i>	ENSAIA, GRET, IFREMER, INRA, université de Clermont-Ferrand, USTL CEEMAT, CTFT, DSA, IEMVT
SYSTÈMES AGRAIRES, ÉCONOMIE, SOCIOLOGIE		
	<i>Analyse méthodologique pour la modélisation de l'accroissement de la productivité</i>	ISRA (Sénégal), INERA (Burkina Faso), CNRS, INRA DSA, IRAT, IRCT
	<i>Socioéconomie de la régénération des plantations en Afrique</i>	MARDI (Malaisie), CIREs, SATMACI (Côte-d'Ivoire), SRCC (Togo) DSA, IRCC
	<i>Economie de la production sur les hautes terres malgaches</i>	FOFIFA, Ecole normale (Madagascar), INRA, université Paris I CTFT
	<i>Gestion des terroirs villageois</i>	INERA (Burkina Faso), ISRA (Sénégal), IRA (Cameroun), CIEPAC, CNRS, ORSTOM CTFT, DSA, IEMVT, IRAT
	<i>Les organisations paysannes face au désengagement de l'Etat</i>	ISRA, SAED, IRAM, CIEPAC (Sénégal) CEEMAT, DSA, IEMVT, IRCT

Liste des sigles

ACCT, Agence de coopération culturelle et technique, France	CNRADA, Centre national de recherche agronomique et de développement agricole, Mauritanie
ACDI, Agence canadienne pour le développement international, Canada	CNRS, Centre national de la recherche scientifique, France
AEC, Asiatique européenne de commerce, France	COCI, Consortium des agrumes et plantes à parfum de Côte-d'Ivoire, Côte-d'Ivoire
AFVP, Association française des volontaires du progrès, France	CORAF, Conférence des responsables de la recherche agronomique africains
AGRHYMET, Centre régional de formation et d'application en agrométéorologie et hydrologie opérationnelle, Niger	CORDET, Commission de coordination de la recherche dans les départements et territoires d'outre-mer, France
AIT, Asian Institute of Technology, Thaïlande	CPS, Commission du Pacifique sud, Nouvelle-Calédonie
ANACAFE, Asociación Nacional del Café, Guatemala	CRA, Centre de recherches agronomiques de l'Etat, Belgique
ANVAR, Agence nationale de valorisation de la recherche, France	CRTA, Centre de recherches sur les trypanosomoses animales, Burkina Faso
ARC, Agricultural Research Council, Afrique du Sud	CTA, Centre technique de coopération agricole et rurale, Pays-Bas
ASCNCER, Asean Sub-Committee on Non Conventional Energy Research, Thaïlande	DGRST, Direction générale de la recherche scientifique et technique, Congo
ASEAN, Association of South-East Nations, Singapour	DRA, Direction de la recherche agronomique, Togo
ASESCAW, Association sportive et socioculturelle des agriculteurs du Wallo, Sénégal	EMBRAPA, Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária, Brésil
BDPA, Bureau pour le développement de la production agricole, France	ENEA, Ecole nationale d'économie appliquée, Sénégal
BRGM, Bureau de recherches géologiques et minières, France	ENGREF, Ecole nationale du génie rural, des eaux et des forêts, France
BSN, Boussois-Souchon-Neuvesel, France	ENSA, Ecole nationale supérieure agronomique, France
CATIE, Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza, Costa Rica	ENSAIA, Ecole nationale supérieure d'agronomie et des industries alimentaires, France
CCCE, Caisse centrale de coopération économique, France	ENSAM, Ecole nationale supérieure agronomique de Montpellier, France
CCE, Commission des communautés européennes, Belgique	ENSC, Ecole nationale supérieure de chimie, France
CEMAGREF, Centre national du machinisme agricole, du génie rural, des eaux et des forêts, France	ENSIA, Ecole nationale supérieure des industries agricoles et alimentaires, France
CERDI, Centre d'études et de recherches sur le développement international, France	ENSIAAC, Ecole nationale supérieure des industries agricoles et alimentaires du Cameroun, Cameroun
CERF, Centre d'essai, de recherche et de formation, France	ENVA, Ecole nationale vétérinaire d'Alfort, France
CFDT, Compagnie française pour le développement des fibres textiles, France	ESEM, Ecole supérieure de l'énergie et des matériaux, France
CIEPAC, Centre international pour l'éducation permanente et l'aménagement concerté, France	FAC, Fonds d'aide et de coopération, France
CIES, Centro de Investigaciones Ecológicas del Sureste, Mexique	FAO, Food and Agriculture Organization of the United Nations, Italie
CILSS, Comité permanent inter-Etats de lutte contre la sécheresse dans le Sahel, Burkina Faso	FDSEA, Fédération départementale des syndicats d'exploitants agricoles, France
CIMMYT, Centro Internacional de Mejoramiento de Maíz y Trigo, Mexique	FHIA, Fundación Hondureña de Investigación Agrícola, Honduras
CIRDES, Centre international de recherche-développement sur l'élevage en zone subhumide, Burkina Faso	FIDA, Fonds international de développement agricole (FAO), Italie
CIRES, Centre ivoirien de recherche économique et sociale, Côte-d'Ivoire	FOFIFA, Centre national de la recherche appliquée au développement rural, Madagascar
CNEARC, Centre national d'études agronomiques des régions chaudes, France	GCRAI, Groupe consultatif pour la recherche agricole internationale, Etats-Unis
CNES, Centre national d'études spatiales, France	GEVES, Groupement d'étude et de contrôle des variétés et des semences, France
CNPAP, Centro Nacional de Pesquisa de Arroz e Feijão, Brésil	GRET, Groupe de recherche et d'échanges technologiques, France
	GTZ, Deutsche Gesellschaft für technische Zusammenarbeit, Allemagne

IAM, Institut agronomique méditerranéen, France
 IBPGR, International Board for Plant Genetic Resources, Italie
 ICAFE, Instituto del Café de Costa Rica, Costa Rica
 ICRISAT, International Crops Research Institute for the Semi-Arid Tropics, Inde
 IDEFOR, Institut des forêts, Côte-d'Ivoire
 IDESSA, Institut des savanes, Côte-d'Ivoire
 IER, Institut d'économie rurale, Mali
 IFDC, International Fertilizer Development Centre, Etats-Unis
 IFPRI, International Food Policy Research Institute, Etats-Unis
 IFREMER, Institut français de recherche pour l'exploitation de la mer, France
 IGN, Institut géographique national, France
 IIBC, International Institute for Biological Control, Grande-Bretagne
 ICT, Instituto de Investigação Científica Tropical, Portugal
 IITA, International Institute of Tropical Agriculture, Nigeria
 ILRAD, International Laboratory for Research on Animal Diseases, Kenya
 IMG, Institut de mécanique de Grenoble, France
 INA-PG, Institut national agronomique Paris-Grignon, France
 INERA, Institut national d'études et de recherches agricoles, Burkina Faso
 INRA, Institut national de la recherche agronomique, France
 INRAN, Institut national de recherches agronomiques du Niger, Niger
 INRAT, Institut national de la recherche agronomique de Tunisie, Tunisie
 IRA, Institut de la recherche agronomique, Cameroun
 IRAM, Institut de recherches et d'applications des méthodes de développement, France
 IRFED, International Research and Training Institute for Education and Development, France
 IRRI, International Rice Research Institute, Philippines
 IRZ, Institut de recherches zootechniques, Cameroun
 ISABU, Institut des sciences agronomiques du Burundi, Burundi
 ISAR, Institut des sciences agronomiques du Rwanda, Rwanda
 ISIM, Institut des sciences de l'ingénieur de Montpellier, France
 ISRA, Institut sénégalais de recherches agricoles, Sénégal
 ITERG, Institut technique d'études et de recherches sur les corps gras, France
 KIT, Koninklijk Instituut voor de Tropen, Pays-Bas
 MARDI, Malaysian Agricultural Research and Development Institute, Malaisie
 MESIRES, Ministère de l'enseignement supérieur, de l'informatique et de la recherche scientifique, Cameroun
 MRSTD, Ministère de la recherche scientifique et technologique pour le développement, Madagascar
 MSIRI, Mauritius Sugar Industry Research Institute, Maurice
 MSPA, Mauritius Sugar Producers' Association, Maurice
 NMA, Núcleo de Monitoramento Ambiental e Recursos Naturais por Satélite (EMBRAPA), Brésil
 NRI, Natural Resources Institute, Grande-Bretagne
 ODEADOM, Office de développement de l'économie agricole des départements d'outre-mer, France
 ONIC, Office national interprofessionnel des céréales, France
 ONUDI, Organisation des Nations unies pour le développement industriel, Autriche
 ORSTOM, Institut français de recherche scientifique pour le développement en coopération, France
 OUA, Organisation de l'unité africaine, Ethiopie
 PGS, Plant Genetic Systems, Belgique
 PNG, Papua New Guinea Coffee Research Institute, Papouasie-Nouvelle-Guinée
 PROMECAFE, Programa Cooperativo para la Protección y Modernización de la Caficultura (IICA), Guatemala
 RAVI, Réseau africain de phytovirologie, Congo
 RSTCA, Regional Sugarcane Training Center for Africa, Maurice
 SAED, Société d'aménagement et d'étude du delta et des vallées du fleuve Sénégal et de la Falémé, Sénégal
 SAFGRAD, Semi-Arid Food Grain Research and Development, Burkina Faso
 SATMACI, Société d'assistance technique pour la modernisation agricole de la Côte-d'Ivoire, Côte-d'Ivoire
 SEAMEO, Southeast Asian Ministers of Education Secretariat, Thaïlande
 SIAL, Salon international de l'alimentation, France
 SOCFINDO, Société financière indonésienne, Indonésie
 SPAAR, Special Program for African Agricultural Research, Etats-Unis
 SRCC, Société nationale pour la rénovation de la cacaoyère et de la caféière togolaises, Togo
 SRI, Silsoe Research Institute, Grande-Bretagne
 UAIC, Unité d'afforestation industrielle du Congo, Congo
 USDA, United States Department of Agriculture, Etats-Unis
 USTL, Université des sciences et techniques du Languedoc, France

Les adresses du CIRAD

Siège social

42, rue Scheffer
75116 Paris
France
Téléphone : (1) 47 04 32 15
Télécopie : (1) 47 55 15 30
Télex : 648729 F

Centre de recherche de Montpellier

Avenue du Val de Montferrand
BP 5035
34032 Montpellier Cedex 1
France
Téléphone : 67 61 58 00
Télécopie : 67 61 59 86
Télex : 480762 F

LES DÉPARTEMENTS DU CIRAD

CTFT

Centre technique forestier tropical
45 bis, avenue de la Belle Gabrielle
94736 Nogent-sur-Marne Cedex, France
Téléphone : (1) 43 94 43 00
Télécopie : (1) 43 94 43 29
Télex : 264653 F

IEMVT

Institut d'élevage et de médecine vétérinaire
des pays tropicaux
10, rue Pierre Curie
94704 Maisons-Alfort Cedex, France
Téléphone : (1) 43 68 88 73
Télécopie : (1) 43 75 23 00
Télex : 262017 F

IRAT

Institut de recherches agronomiques tropicales
et des cultures vivrières
45 bis, avenue de la Belle Gabrielle
94736 Nogent-sur-Marne Cedex, France
Téléphone : (1) 43 94 43 00
Télécopie : (1) 43 94 44 91
Télex : 264656 F

IRCT

Institut de recherches du coton
et des textiles exotiques
6, rue du Général Clergerie
75116 Paris, France
Téléphone : (1) 45 53 16 92
Télécopie : (1) 47 55 46 21
Télex : 610992 F

IRCA

Institut de recherches sur le caoutchouc
42, rue Scheffer
75116 Paris, France
Téléphone : (1) 47 04 32 15
Télécopie : (1) 47 27 33 66
Télex : 620871 F

IRCC

Institut de recherches du café, du cacao
et autres plantes stimulantes
26, rue Poncelet
75017 Paris, France
Téléphone : (1) 40 53 71 00
Télécopie : (1) 40 53 04 26
Télex : 648729 F

IRHO

Institut de recherches pour les huiles
et oléagineux
11, square Pétrarque
75116 Paris, France
Téléphone : (1) 45 53 60 25
Télécopie : (1) 45 53 68 11
Télex : 630491 F

IRFA

Institut de recherches sur les fruits et agrumes
6, rue du Général Clergerie
75116 Paris, France
Téléphone : (1) 45 53 16 92
Télécopie : (1) 47 27 48 11
Télex : 645992 F

CIRAD-SAR

Département des systèmes agroalimentaires
et ruraux
Avenue du Val de Montferrand
BP 5035
34032 Montpellier Cedex 1, France
Téléphone : 67 61 58 00
Télécopie : 67 61 12 23
Télex : 485221 F

GERDAT

Département de gestion, recherche,
documentation et appui technique
42, rue Scheffer
75116 Paris, France
Téléphone : (1) 47 04 32 15
Télécopie : (1) 47 55 15 30
Télex : 648729 F

**LE CIRAD
DANS LES DOM-TOM****Guadeloupe**

M. le directeur
Agence du CIRAD
Station IRFA de Neufchâteau
Sainte-Marie
97130 Capesterre-Belle-Eau
Téléphone : (590) 86 30 21
Télécopie : (590) 86 80 77
Télex : 919121 GL

Guyane

M. le directeur
Agence du CIRAD
BP 701
97387 Kourou Cedex
Téléphone : (594) 32 04 30
Télécopie : (594) 32 42 27
Télex : 910323 FG

Martinique

M. le directeur
Agence du CIRAD
BP 427
97204 Fort-de-France
Téléphone : (596) 51 17 05
Télécopie : (596) 51 45 67
Télex : 912864 MR

Nouvelle-Calédonie

M. le directeur
Agence du CIRAD
BP 186
Nouméa
Téléphone : (687) 26 39 69
Télécopie : (687) 35 32 55
Télex : 3037 NM

Réunion

M. le directeur
Agence du CIRAD
97487 Saint-Denis Cedex
Téléphone : (262) 52 50 09
Télécopie : (262) 52 68 60
Télex : 916033 RE

**LE CIRAD
À L'ÉTRANGER****Bénin**

M. le correspondant
BP 715
Cotonou
Téléphone : (229) 31 34 46

Brésil

M. le délégué
SCLN 405
Bloco D, Estrada 49,
Sala 209
Brasília DF
Téléphone : (55) 61 347 00 22
Télécopie : (55) 61 225 03 28
Télex : 614688 BR (att. CIRAD)

Burkina Faso

M. le délégué
01 BP 596
Ouagadougou
Téléphone : (226) 30 70 70
Télécopie : (226) 30 76 17
Télex : 5477 BF

Burundi

M. le correspondant
c/o ISABU
BP 795
Bujumbura
Téléphone : (257) 22 38 40
Télécopie : (257) 22 38 40

Cameroun

M. le délégué
BP 2572
Yaoundé
Téléphone : (237) 21 25 41
Télécopie : (237) 20 29 69
Télex : 8202 ou 8531 KN

Congo

M. le correspondant
c/o UAIC
BP 1120
Pointe-Noire
Téléphone : (242) 94 04 17
Télécopie : (242) 94 40 54
Télex : 8303 KG (att. CIRAD)

Costa Rica

M. le délégué pour l'Amérique latine
et les Caraïbes
c/o Costasem
Apartado 108, Código 1002
San José
Téléphone : (506) 25 59 72
Télécopie : (506) 25 09 40

Côte-d'Ivoire

M. le délégué
01 BP 6483
Abidjan
Téléphone : (225) 22 18 59 ou 21 16 25
Télécopie : (225) 21 43 68
Télex : 23220 CI

Etats-Unis

M. le correspondant
Development Research Associates
2025 I Street, NW, Suite 524
Washington DC 20006
Téléphone : (202) 872 05 76
Télécopie : (202) 872 84 91
Télex : 440452 UI

Gabon

M. le correspondant
IRCA-CATH
BP 643
Libreville
Téléphone : (241) 74 17 66
Télécopie : (241) 74 65 22
Télex : 5900 GO

Guinée

M. le correspondant
c/o IRAG
BP 376
Conakry
Téléphone : (224) 44 42 62

Indonésie

M. le délégué
Jalan Melati 8
Cipete Selatan
Jakarta 12410
Téléphone : (62) 21 769 66 28
Télécopie : (62) 21 769 66 28
Télex : 47243 IA (att. CIRAD)

Madagascar

M. le délégué
BP 853
Antananarivo
Téléphone : (261) 22 71 82
Télécopie : (261) 22 09 99
Télex : 22591 MG

Mali

M. le délégué
BP 1769
Bamako
Téléphone : (223) 22 42 93
Télécopie : (223) 22 87 17
Télex : 2678 MJ

Maroc

M. le correspondant
Laboratoire national de production
de vaccins vétérinaires
BP 585
Rabat-Chellah
Téléphone : (212) 69 04 54
Télécopie : (212) 69 16 89
Télex : 32052 M

Philippines

M. le correspondant
c/o PCARRD
Los Baños
Laguna
Téléphone : (63) 500 14 ou 500 20
Télex : 40860 PM

Sénégal

M. le délégué
37, avenue Jean XXIII
BP 6189
Dakar-Etoile
Téléphone : (221) 22 44 84
Télécopie : (221) 22 44 84
Télex : 21562 SG

Tchad

M. le correspondant
Laboratoire de Farcha
BP 433
N'Djamena
Téléphone : (235) 51 24 75 ou 51 28 68
Télécopie : (235) 51 39 90
Télex : 5340 KD (att. CIRAD)

Thaïlande

M. le correspondant
c/o Franco Pacific Co. Ltd
8th floor, Mahatun Plaza
888/88 Ploenchit Road
Bangkok 10500
Téléphone : (662) 254 20 83 à 88
Télécopie : (662) 253 68 41
Télex : 82108 TH

Vanuatu

M. le délégué
Station de Saraoutou
BP 89
Santo
Téléphone : (678) 36 320
Télécopie : (678) 36 355
Télex : 1001 NH

Production Service central d'information
scientifique et technique

Réalisation Michelle Jeanguyot

Maquette et fabrication Bernard Favre

Graphiques Crayon & C^{ie}, Montpellier

Achevé d'imprimer le 31 mai 1992 sur les presses de l'imprimerie Maraval, 34220 Saint-Pons

Dépôt légal 2^e trimestre 1992



**Centre
de coopération
internationale
en recherche
agronomique
pour le
développement**

42, rue Scheffer
75116 Paris
France

